مجموعة الكتب العلمية المبسطة
٢٣
سطح الأرض المتغير
دار المعارف
Bibliotheca Alexandrina
0018153



آسيا
أوربا
أفريقيا
المحيط الهادى
المحيط الهندى
أستراليا
المحيط المتجمد الجنوبى

مجموعة الكتب العلمية المبسطة
٢٣

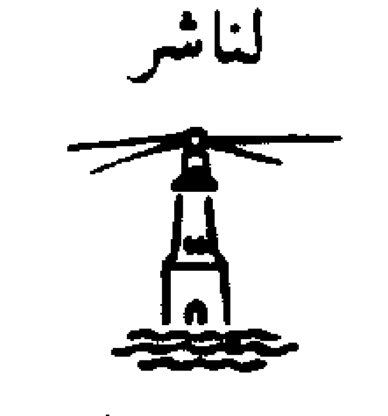
سطح الأرض المتغير

تأليف
برتا موريس باركر

ترجمة
الدكتور محمد يوسف حسن

لطبعة الر بعة

لناشر



دار المعارف
بالاشترك مع الجمعية المصرية لنشر لمعرفة و لثقافة لعالمية

قدم الأستاذ لدكتور أحمد زكى مدير جامعة
لقاهرة « لسابق » لهذه لسلسلة لقيمة فى أول كتبها
« حيوانات نعرفها » الذى ترجمه هدية منه فقال :

الأمة برجالها، ورجالها من صغارها، لهذا سألت
أن يكون لى شرف الشركة فى تثقيف هؤلاء الصغار،
فأجبت إلى سؤلى، فكان لى من ترجمة هذا الكتاب أول كتب
هذه السلسلة القيمة متعة قل أن تعادلها متعة.

أحمد زكى
مدير جامعة القاهرة
السابق

سطح الأرض المتغير

الجزيرة التي نسفت نفسها

كراكاتوا جزيرة صغيرة بالقرب من الطرف الغربي لجاوة . وقديماً كانت الجزيرة أكبر كثيراً مما هي عليه الآن . في ليل السادس والعشرين من أغسطس من عام ١٨٨٣ نسفت الجزيرة نفسها . ولتفهم كيف حدث هذا ، يجب أن تعرف أن الجزيرة قمة بركان . لقد كانت عملية « النسف » ثوراناً بلغ من الشدة أن قذف بالجانب الأكبر من قمة البركان عالياً في الهواء .

وفي سنة ١٨٧٧ — بعد فترة هدوء دامت أكثر من مائتي عام — أرعد البركان إنذاراً بأنه قد يثور حالا . وعندما حدث الثوران ، لم يكن أحد قد قدّر ، على أي حال أنه سيكون واحداً من أعنف الثورانات في الأزمنة الحديثة .

كان الثوران في شكل سلسلة من الانفجارات المروعة . وعندما انتهت هذه الانفجارات أخيراً بعد ٣٦ ساعة ، كان نصف الجزيرة قد اختفى .

وقد سمعت ضوضاء الانفجارات على بعد ٤٨٠٠ كيلومتر ، وانقذف غبار الصخور إلى ارتفاع ٣٢ كيلومترا في الهواء ، وكان من الكثرة لدرجة أنه في وسط النهار أحال منطقة اتساعها ١٦٠ كيلومتراً حول كراكاتوا إلى ظلام دامس كالليل . وبعد توقف الانفجارات بأيام ظلت تهطل رخات الغبار والرماد فوق أسطح السفن على مسافات بعيدة جداً في البحر.

وسرعان ما استقر الغبار الأكثر خشونة ، ولكن بعض الجسيمات الأكثر دقة طافت عدة مرات حول العالم قبل أن تستقر أخيراً على الأرض . وأمكن للعلماء من ملاحظة لون غروب الشمس أن يثبتوا أن الهواء قد حمل غباراً دقيقاً لعدة شهور . لقد جعل الغبار احمرار الغروب أكثر لمعاناً من المعتاد .

ولم ينجم أكبر الضرر عن الثوران نفسه ، ولكن عن الأمواج الضخمة التي سببها في المحيط ، فقد اكتسحت الشواطئ القريبة جدران شاهقة من الماء بلغت ما يقارب ١٥ متراً في الارتفاع ، ودمرت ثلثمائة قرية كاملة ، كما لقي أكثر من ٣٥,٠٠٠ من سكان تلك القرى حتفهم بفعل الأمواج الضخمة .

زلزال وخط جديد للشاطئ

لقد حدث زلزال فى شيلى منذ أكثر من مائة عام . وليست الزلازل ظاهرة غير شائعة فى ذلك الجزء من العالم ، ولكن هذا الزلزال كان عنيفاً بدرجة غير عادية . فقد شعر به الناس على مسافة ١٦٠٠ كيلومتر على طول الساحل .

تقع ڤالپاريزو ، وهى مدينة كبيرة فى شيلى ، على مرفأ . لقد رأى سكان ڤالپاريزو بعد الزلزال مباشرة حطام سفينة على الشاطئ . وكانت هذه السفينة قد تحطمت قبل ذلك بسنوات عدة ، واستقرت فى المياه الضحلة بالمرفأ .

وربما تظن أن « الزلزال قد سبب أمواجاً طرحت السفينة فوق الشاطئ »، لا ، ولكن الذى حدث هو أن قاع المرفأ كله قد دفع إلى أعلى . وكانت حول السفينة القديمة الصخور المغطاة بالأصداف ، والتى كانت تحيط بهاعند قاع البحر . لقد تسبب دفع أرضية المرفأ إلى أعلى فى حدوث الزلزال ، وكوّن خطاً جديداً للشاطئ .

النهر الذى غير مجراه

الهوانجهو نهرٌ من أكبر أنهار الصين . والاسم معناه « النهر الأصفر » . وهو اسم على مسمى ، إذ أن مياه النهر تحمل كميات كبيرة من الطين الأصفر ، وهى تجلبها من الجبال والتلال التى تقع إلى الغرب من السهل الكبير الذى يمتد من البحر إلى الخلف .

كان نهر هوانجهو يتبع المجرى المبين بالخريطة التى إلى اليسار فى صفحة (٥) مدة طويلة جداً من الزمن . وكان يتدفق إلى أسفل المنحدرات الشديدة الميل فى الجبال والتلال ثم ينساب ببطء عبر السهل . وكان عندما يبطئ فى انسيابه يضطر إلى ترسيب بعض الطين الذى يحمله فوق قاعه .

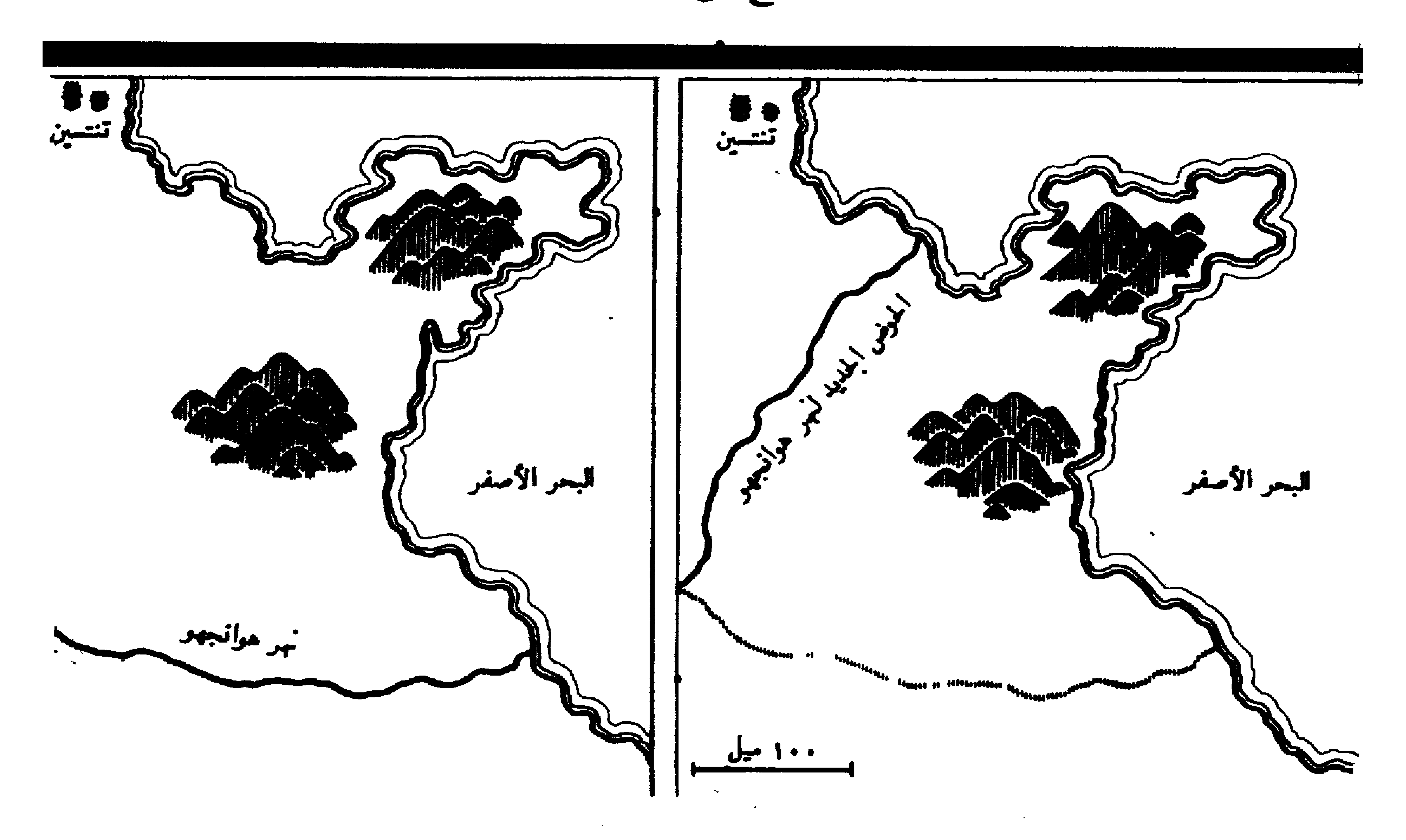
وقد عاش ملايين الفلاحين الصينيين على السهل المتاخم للنهر . وكلما كان قاع النهر يزداد علواً أمكن للنهر أن يطفح فوق ضفافه بسهولة أكثر ، ويفيض على المزارع المجاورة . وكان الفلاحون يمنعون النهر من الطفح ببناء جسور صناعية على طوله يسمونها « السدود » . وكلما كان النهر يرسب مزيداً من الطين على طول مجراه ، كان الفلاحون يبنون سدوداً أعلى فأعلى .

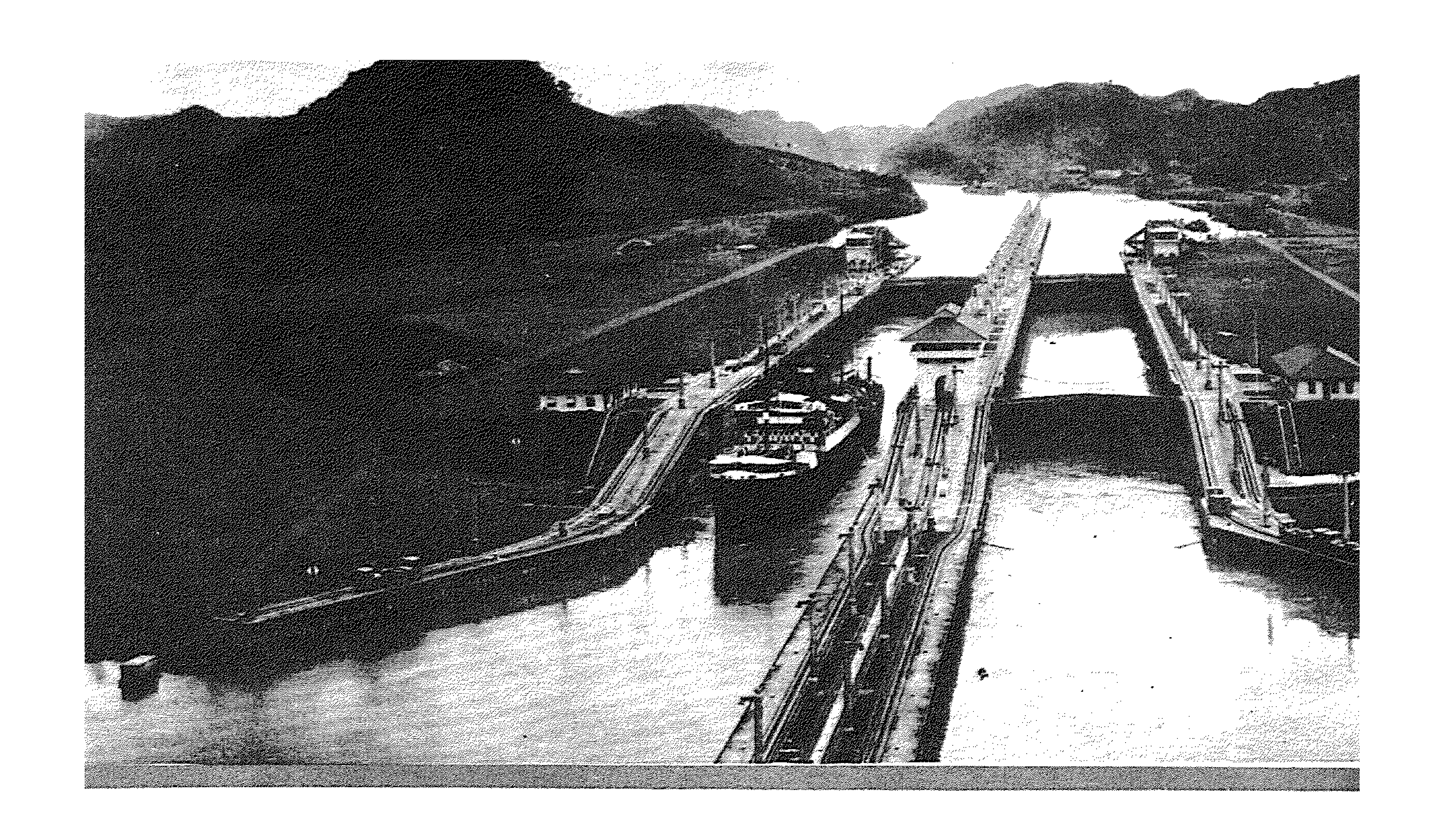
وأخيراً صار قاع النهر أعلى من أرض المزارع المجاورة، وأصبح له مسار مرتفع نحو البحر.

وفي عام ١٨٥٢ تسبب الطقس الدافئ بالجبال الغربية في انصهار الثلج بسرعة كبيرة. وتدفقت سيول الماء الموحل إلى الهوانجهو. ولما رأى الفلاحون مياه النهر تعلو، أسرعوا ليجعلوا السدود أكثر ارتفاعاً، وهم لم يتأخروا حتى عن جرف التربة الطينية من حقولهم، وتكديسها فوق السدود ليكبحوا جماح النهر، ولكن بالرغم من كل مجهوداتهم وجد الهوانجهو مكاناً ضعيفاً في السد على الضفة الشمالية للنهر، فانطلقت المياه من خلاله.

كانت الثلمة صغيرة في أول الأمر، ولكن المياه المندفعة زادتها اتساعاً. وتدفقت المياه من خلال الثلمة وانتشرت فوق الحقول. وظلت تنتشر وتمتد أبعد وأبعد. وأخيراً بلغت البحر على مسافة نحو ٤٨٠ كيلومتراً من الفم القديم للنهر. وتوضح الخريطة اليمنى أدناه، المجرى الجديد الذي اتبعه النهر.

ولما قدمت الجيوش اليابانية إلى الصين في الحرب العالمية الثانية وجد الصينيون طريقة للاستفادة من الهوانجهو في حماية بلادهم، فقد جعلوا النهر ينساب ثانية في مجراه القديم نحو البحر، فلم يتمكن اليابانيون من استعماله بعد ذلك كرأس جسر من الشمال إلى الجنوب، إذ سد الطريق إلى جزء من البلاد لم يكن اليابانيون قد وصلوه بعد. ولكن ما إن وضعت الحرب أوزارها حتى حول الصينيون النهر مرة أخرى إلى مجراه الشمالي الذي كونه لنفسه سنة ١٨٥٢، وذلك لينقذوا المزارع التي أغرقت.





فصل قارتين إحداهما عن الأخرى

فى العاشر من أكتوبر سنة ١٩١٣ ضغط رئيس الولايات المتحدة زراً ففتح سداً وانطلقت المياه لتملأ أكبر مجرى مائى حفره الإنسان ، وهو قناة پاناما . وكثيراً ما فكر الناس قبل ذلك بسنوات عديدة فى توصيل المحيط الأطلنطى بالمحيط الهادى بوساطة قناة تشق عبر برزخ پاناما . ففى سنة ١٨٨٠ كلف مهندس فرنسى بمهمة حفر قناة لپاناما ، وقد أنفق هذا المهندس سبع سنوات وعدداً عديداً من ملايين الدولارات فى محاولة فصل أمريكا الشمالية عن أمريكا الجنوبية ، ولكنه فشل . ويعزى فشله جزئياً إلى الحمى الصفراء، وهى مرض كان يفتك بعماله بنفس السرعة التى كان يمكنه بها نقلهم إلى پاناما .

وفى سنة ١٩٠٤ أخذت حكومة الولايات المتحدة المشروع على عاتقها . وقد وجد أن الحمى الصفراء لاينقلها غير نوع واحد من البعوض . وكلف الدكتور وليم جورجاس أن يشن الحرب ضد الحمى الصفراء ، وكانت قصة نجاحه إحدى القصص المثيرة فى تاريخ الطب .

وبالطبع ، حتى مع هزيمة الحمى الصفراء ، لم يكن حفر القناة بالمهمة السهلة . فالمسافة التى تقطعها القناة فى المسار الذى رسم لها عبر البرزخ تبلغ نحو ٦٤ كيلومتراً . ولم تكن الأرض هنا مستوية ، فقد كانت فى بعض الأماكن أكثر من ٩٠ متراً فوق منسوب البحر ، وكان لابد للقناة أن تقطع صخوراً صلبة فى جزء من طريقها . وقد استعملت

ملايين من قذائف « خراطيش » الديناميت لتفجير الصخور وإزالتها . وحيثما كانت القناة تشق فى تربة ، كانت الجواريف البخارية الضخمة ترفع قضبات زنة الواحدة عشرة أطنان من التربة فى المرة الواحدة . وقد أزيل أكثر من ٢٠٠,٠٠٠,٠٠٠ طن من الصخور والتربة .

وحدث مرة فى أثناء الحفر أن وقع زلزال فأتلف جانباً كبيراً من العمل الذى كان قد تم تنفيذه . وكثيراً ما دفعت الأمطار الغزيرة آلاف الأطنان من التربة التى انزلقت منهارة من الضفاف إلى الحفر .

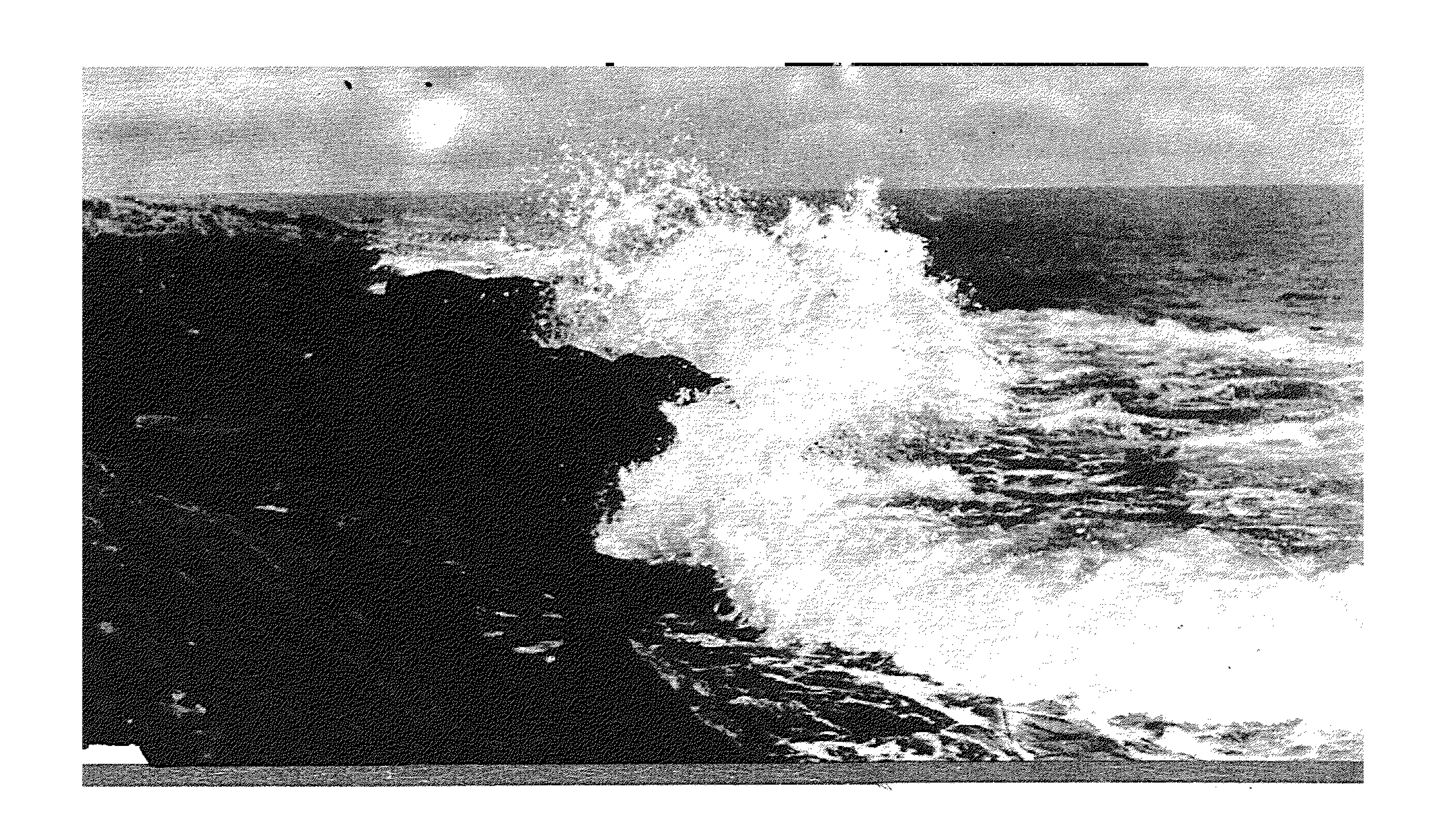
وصمم المهندسون ألا يحاولوا حفر القناة حتى منسوب البحر على طول مجراها كله . وبما أن القناة لن تكون مستوية ، فقد كان لزاماً أن تقام « الأهوسة » فيها .

وأخيراً بعد عشر سنوات من العمل انتهى حفر القناة . وفى اليوم الذى افتتحها فيه الرئيس ، قررت جمهورية پاناما أن تضع فى خاتمها الرسمى هذا الشعار الجديد : « انقسم اليابس ، واتحدت المحيطات » .

تغير ومزيد من التغير

تحكى القصص الأربع التى قرأتها الآن أربعة تغيرات فى سطح الأرض . وربما استمعت كثيراً إلى قول كالآتى :

« الإنسان يغير وجه الأرض دائماً » . وهذا قول حق لا مراء فيه ، فالناس يعملون على تغيير سطح الأرض ساعة فساعة . إنهم يحفرون القنوات والمناجم ، وهم يجففون المستنقعات ويبنون أراضى جديدة على الشواطئ . وهم يقيمون السدود على الأنهار فينشئون خلفها البحيرات . إنهم يقوّمون الأنهار ويجعلونها أكثر عمقاً . وهم كذلك يحولون مجاريها لتنساب فى اتجاهات أخرى . ويمكننا جعل هذه القائمة أطول كثيراً ، ولكن التغيرات التى تحدث فى سطح الأرض ليست كلها من صنع الإنسان بأى حال . إن واحدة فقط من القصص الأربع التى قرأتها حالا هى قصة تغير من صنع الإنسان تماماً . والأرض يمكن أن يعتريها التغير حتى لو لم يكن فوق ظهرها أحد قط . والحقيقة أن أكبر تغيرات انتابت سطح الأرض حدثت دون وساطة الإنسان . وهى تغيرات طبيعية ، ويدور باقى هذا الكتاب حول التغيرات الطبيعية فقط .



حرب أبدية

يمكن اعتبار التغيرات الطبيعية التى يجرى حدوثها فى سطح الأرض مراحل من حرب كبرى دائرة منذ كانت الأرض فى شرخ الشباب . هذه هى الحرب بين البر والبحر ، وهى حرب لا تتوقف أبداً . ويكسب البحر المعركة فى بعض الأماكن ، وفى أماكن أخرى يكسبها البر . وتمثل الصورة فى هذه الصفحة منظراً لأحد الخطوط الكثيرة للمعركة .

ويعتبر الهواء والماء والجليد بمثابة الكتائب التى تضطلع بأدوار فى المعركة . وهذه الكتائب تحارب فى كلا الجانبين . وهى تبنى هنا أرضاً جديدة ، أو تجعل أرضاً قديمة أعلى من ذى قبل . وهى هناك، تخرب أرضاً غيرها أو تبليها، فتصل بها إلى مناسيب أقل مما كانت عليه . ويسمى بلى الأرض بالحتّ أو التحاتّ . وضد الحت هو الترسيب .

ويعد الحت والترسيب جانباً كبيراً من قصة الحرب بين البر والبحر . ولكن هناك عمليات أخرى تجرى كذلك . وإحدى هذه العمليات البركنة أو النشاط البركانى . وقد رأيت شيئاً من النشاط البركانى فى قصة كراكاتوا . وإحدى العمليات الأخرى هى الحركات الأرضية . ونعنى بالحركات الأرضية تلك الحركات التى تنتاب الصخر الصلب الذى يكوّن الأرض ، فترفعه أو تخفضه أو تحركه حركات جانبية . وتعتبر قصة الخط الجديد للشاطئ فى شيلى إحدى قصص الحركات الأرضية . وتحكى الصورة على الصفحة (٩) قصة من

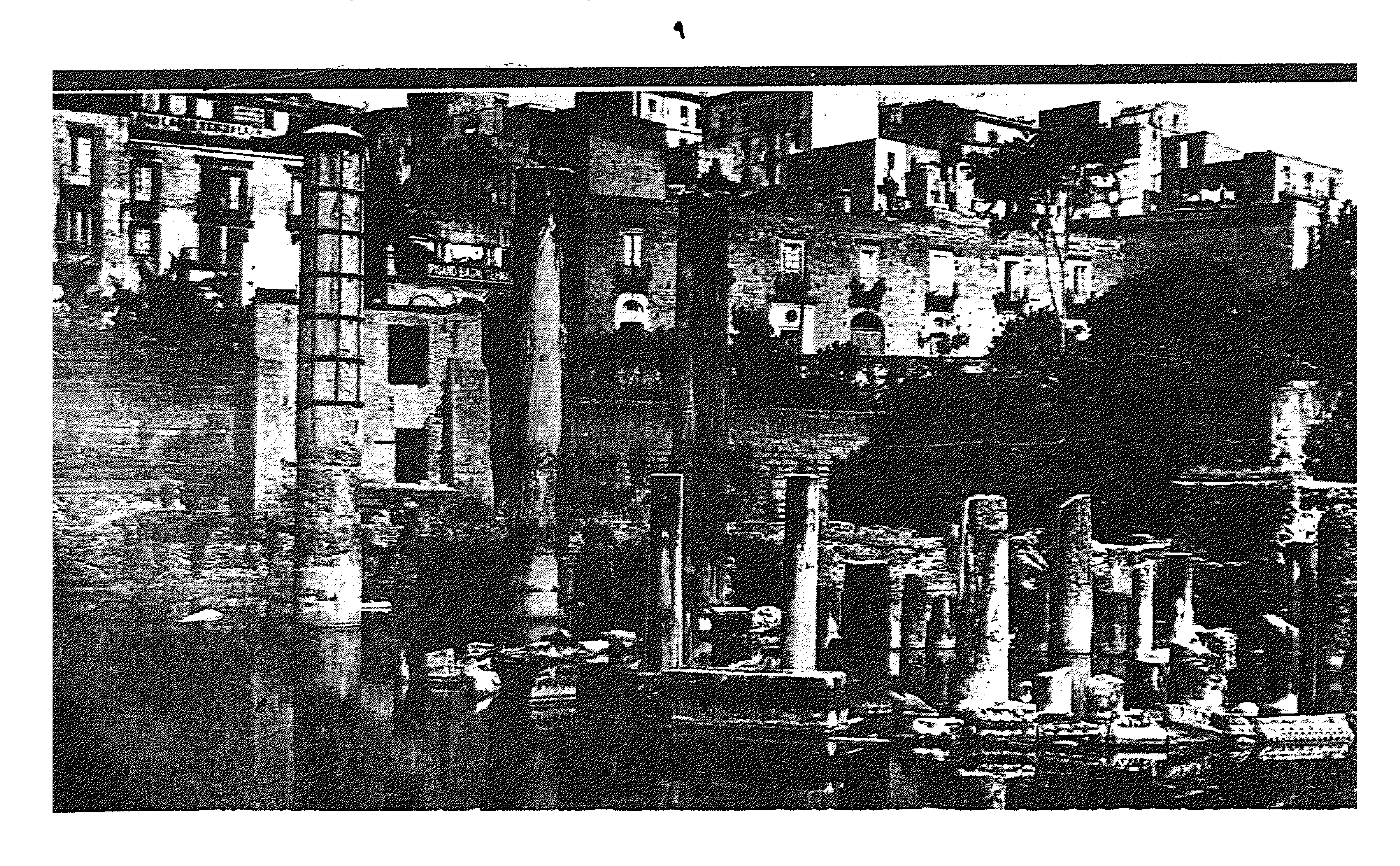
قصص الحركات الأرضية أيضاً . فالأعمدة التى فى الصورة هى جزء من معبد رومانى بنى على شاطئ البحر المتوسط منذ أكثر من ألفى سنة . وبمرور السنين هبطت الأرض التى قام عليها المعبد ببطء . ومع الزمن ، غاص المعبد تحت الماء . ومنذ زمن غير بعيد دفع قاع البحر الصاعد أطلال المعبد فوقه إلى وضعها الحالى . وترى فى أعمدة المعبد ثقوب عديدة حفرتها حيوانات بحرية دقيقة .

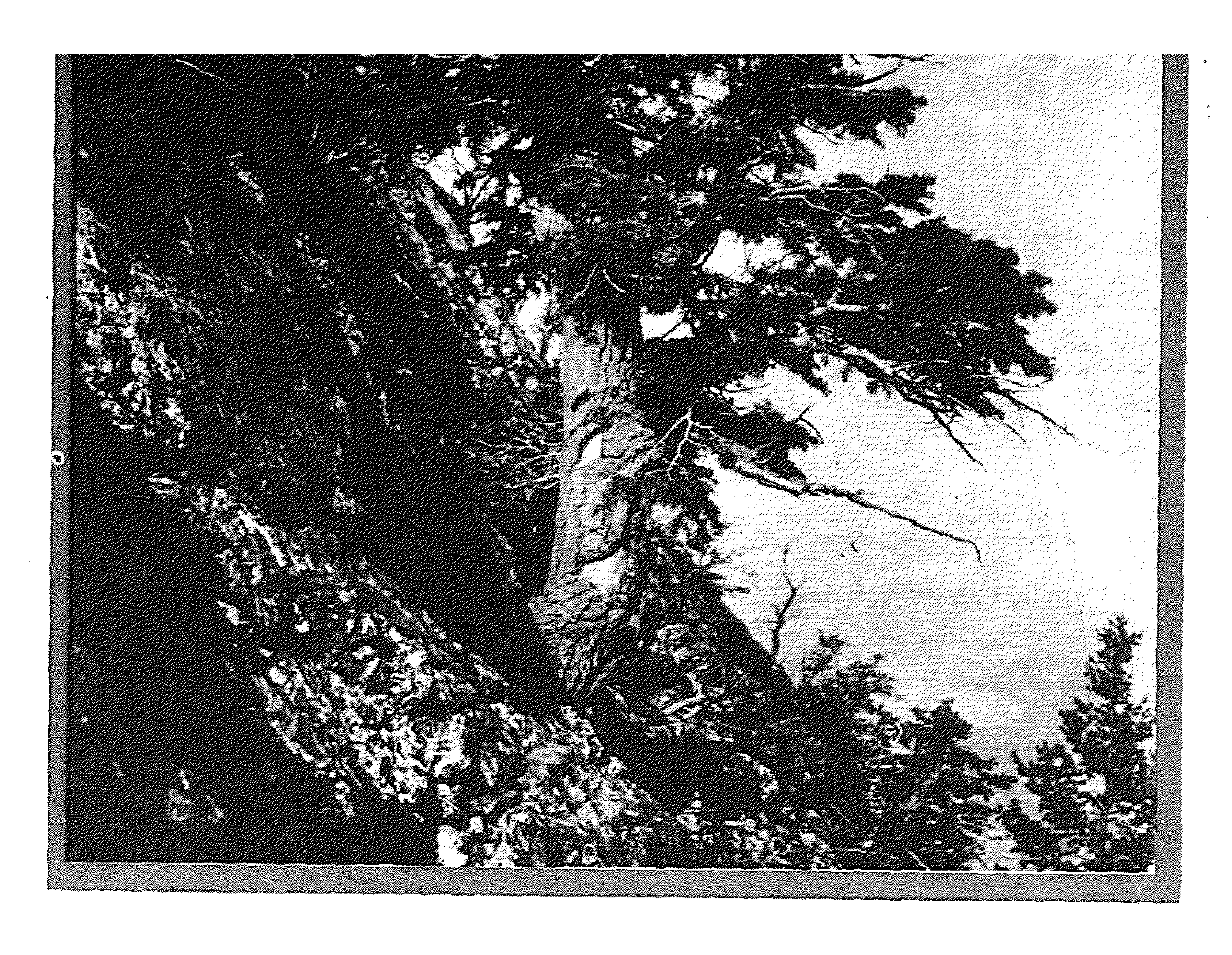
وكما يحدث فى عمل الهواء والماء والجليد، فإن البركنة والحركات الأرضية قد تساعد جانب البر أو جانب البحر . ولنتدبر الآن المزيد من جانب الحرب التى يشنها الهواء والماء .

الجولة الأولى فى المعركة

لا يمكن للأنهار أن تدفع جبالا بأكملها إلى البحر . ولا يمكن للريح التى تهب فوق سطح عار من الحجر الأصم أن تكون الصخر فتبنى منه تلاً . والأمواج قد تطرح الرمل والحصى إلى الشاطئ، ولكنها لا تتمكن من ذلك مع الجلاميد الكثيرة . وقبل أن يمكن للريح أو المياه أن تحرك الصخر لابد أن يتهشم إلى قطع صغيرة .

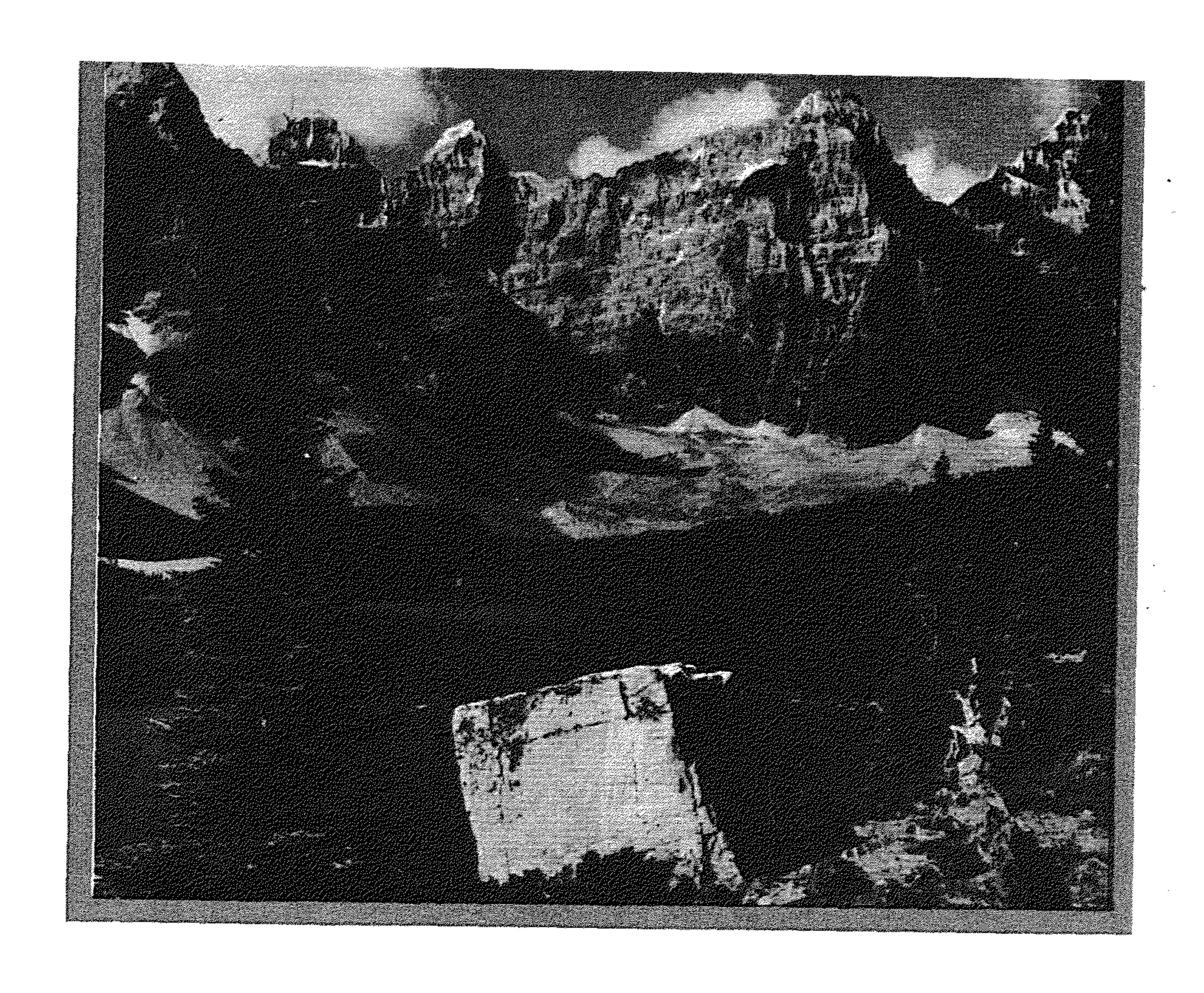
إن الچيولوچى ، كما تعرف فى أغلب الظن ، هو العالم الذى يدرس الصخور ويتعلم كيف يقرأ القصص التى تحكيها . ومنذ وقت غير بعيد عثر أحد الچيولوچيين على جلمود طريف فى الجبال الغربية (بالولايات المتحدة) ، ولم يكن متأكداً من نوع الصخر الذى





يتكوّن منه ذلك الجلمود . وأراد أن يأخذ معه عينة صغيرة منه ، ولكن بالرغم من وجود مطرقة معه ، فإنه لم يتمكن من كسر قطعة من الجلمود . وعلى أى حال ، فهو لم يقلع عن فكرة أخذ عينة . ولم يكن الجلمود بعيداً عن ضفة أحد الجداول الجبلية الصغيرة . فأوقد الچيولوچى ناراً حول الجلمود واحتفظ بها مشتعلة حتى تأكد أن الجلمود صار حامياً جداً ، ثم ألاصه — حرّكه — من مكانه «بشاخص» ودحرجه إلى الجدول . ولما غطس الصخر الحار فى الماء البارد تهشم وصار قطعاً كثيرة . إن الحرارة تجعل الصخر يتمدد أو يشغل حيزاً أكبر . وهو ينكمش إذا برد أو يشغل حيزاً أقل . لقد تمدد الصخر الذى يتكون منه الجلمود عندما سخن ، وعندما سقط الجلمود فى الجدول برد سطحه الخارجى بسرعة تفوق كثيراً السرعة التى برد بها داخله . ولذلك فقد انكمش قبل أن تتهيأ للصخر الذى بالداخل فرصة الانكماش . وكانت النتيجة هى تهشم الجلمود .

وفى الطبيعة كذلك تؤدى تغيرات درجة الحرارة إلى تهشم الصخور . فالبرودة الفجائية لسطح الصخر بعد أن تكون الشمس قد سخنته تسبب انفصال الشظايا منه . ولكن احتمال تهشم الصخر من تغيرات درجة الحرارة يكون أكبر ما يمكن عندما تحتوى تشققاته على مياه . فإذا انخفضت درجة الحرارة انخفاضاً كافياً تجمدت المياه . والمياه تتمدد عند تجمدها ، وهى تحدث ضغطاً كبيراً على أى شىء يحجزها خلفه . وبذلك فالمياه المتجمدة



تجعل الشقوق أكثر اتساعاً . وعندما يدفأ الصخر بالقدر الكافى ينصهر ما بشقوقه من جليد . ولكن انخفاضاً آخر إلى ما تحت درجة التجمد يجعل الشقوق أكثر وأكثر اتساعاً . وأخيراً فقد يتهشم الصخر ويستحيل فتاتاً .

وتساعد النباتات أيضاً على تهشيم الصخور . ولنفرض أن بذرة شجرة شربين ، وهو شجر كالسرو ، يستخرج منه القطران ، سقطت فى شق دقيق على منحدر صخرى . ولنفرض كذلك أنه قد احتجز بداخل الشق قدر من الرطوبة يكفى لإنبات البذرة ، وستكون جذور الشجرة فى أول الأمر صغيرة جداً ، ولكن مع نمو الشجرة ستنمو الجذور أيضاً . وستجعل هذه الجذور الشق أكثر اتساعاً ، وقد تفلق كتلة كبيرة من الصخر إلى قطعتين أو أكثر . ويحتمل أن الشجرة الموضحة بالصورة فى الصفحة العاشرة قد فصلت كتلاً صخرية من المنحدر الجبلى فى أثناء نموها .

وغالباً ما تنزلق قطع الصخر المنفصلة من الجروف المنحدرة وجوانب الجبال فتبنى منحدرات عند قواعد الجروف والجبال تسمى منحدرات الركام . ويمكنك أن ترى بوضوح منحدرات ركامية فى الصورة التى بهذه الصفحة ، والصورة التى فى صفحة (٢) . .

وهناك طرق عديدة لتهشيم الصخور أقل بساطة من الطرق الثلاث التى حدثتك عنها . أنت على يقين من أنك تعرف أنه لو تركت قطعة من الحديد ملقاة فوق الأرض لعدة

أيام ، فأغلب الاحتمالات أنها ستصدأ ، سيتحد بعض الحديد مع الماء وأكسچين الهواء ليكوّن الصدأ . وتتغير بعض الصخور بطريقة تشابه كثيراً تغير الحديد عندما يتعرض للهواء . ويحدث ثانى أكسيد الكربون الذى بالهواء تغيرات فى أنواع أخرى من الصخور . وقد يستحيل جزء الصخر الذى تغير هشيماً تماماً ، كما يستحيل الحديد عندما يصدأ هشيماً . وقد يتفتت الصخر بمضى الوقت ويتحول إلى جسيمات دقيقة .

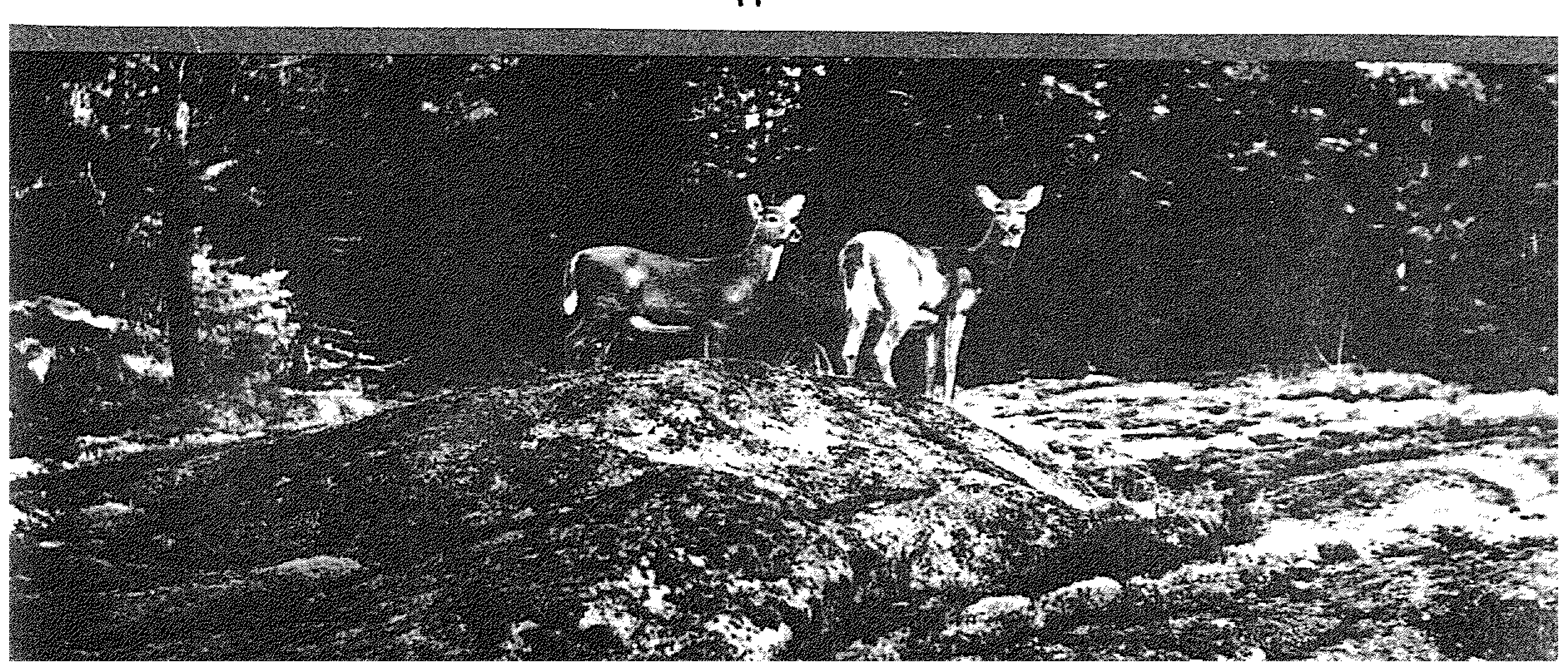
تغطى الجلاميد الظاهرة فى الصورة التى بهذه الصفحة نباتات صغيرة تسمى الأُشن . وليس للأشن جذور تليص بها قطعاً من الصخر ، ولكنها تفرز فى أثناء نموها حمضاً ينحت طريقه فى الصخور ويساعد على تحويلها إلى فتات .

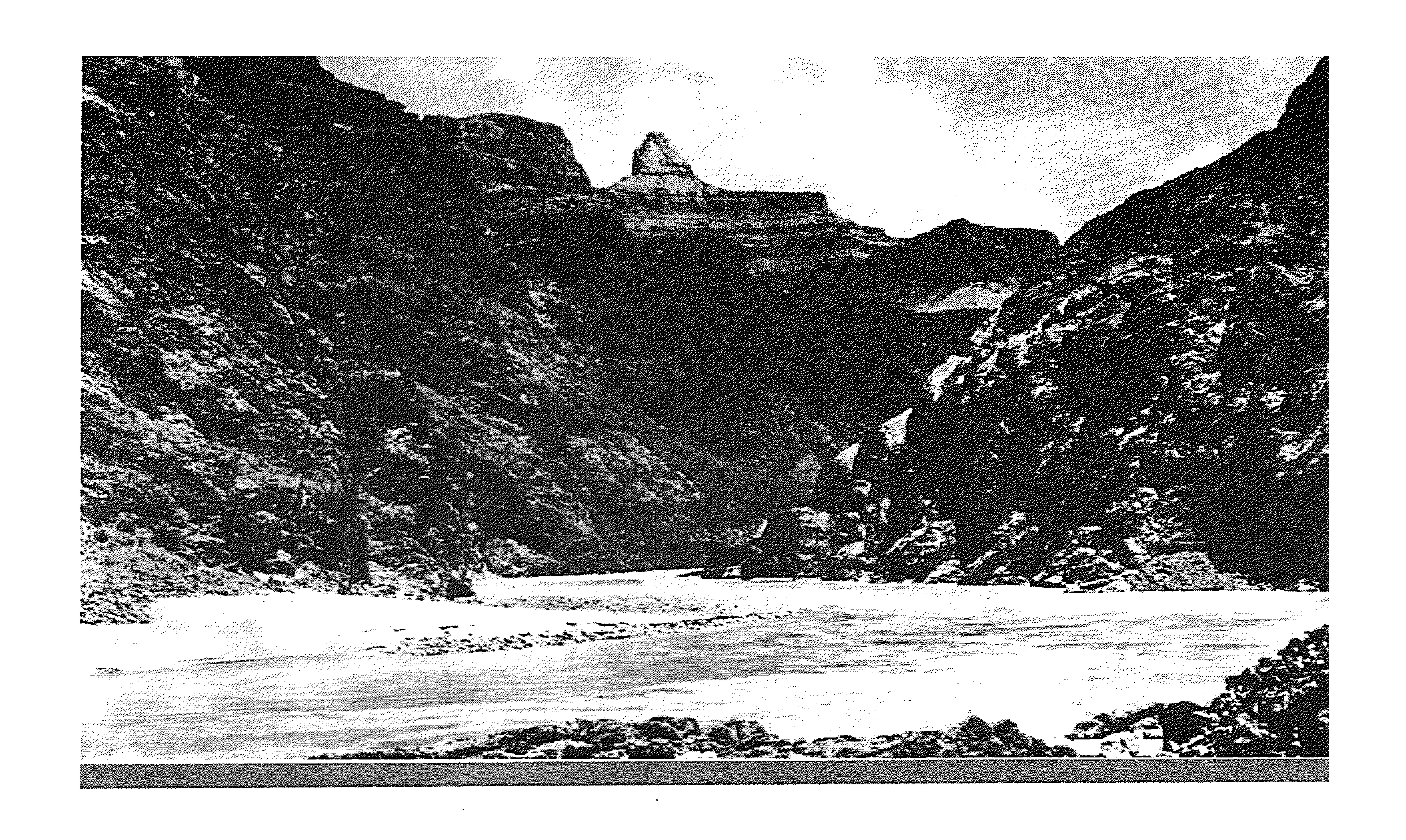
إن الماء النقىّ لا يمكنه أن يذيب من المادة الصخرية إلا قدراً ضئيلا . ولكن ماء المطر قادر على أن يذيب بعض المواد التى يلتقطها وهو يسقط من خلال الهواء ، ومن بين هذه المواد ثانى أكسيد الكربون . والماء المحتوى على ثانى أكسيد الكربون قادر على إذابة بعض المواد الصخرية ، وهو يذيبها فعلا . فهو لهذا يساعد على تهشيم الصخور .

ويستعمل العلماء كلمة واحدة لطرق تهشّم الصخور التى سمعت عنها الآن . وهذه الكلمة هى التجوية .

وكما رأيت ، فإن الصخور المتجوية قد تكون منحدرات ركامية عند قواعد الجروف والجبال . وتبقى معظم الصخور المتجوية حيث تكونت فوق المنحدرات اللطيفة الميل والمسطحات المستوية حتى تحركها الرياح أو المياه . وتتكون التربة التى تغطى معظم سطح الأرض أساساً من صخور متجويّة .

وبمجرد أن تتهشم الصخور إلى جسيمات دقيقة فإن نقلها من مكان إلى آخر يتم بسهولة . إن التجوية هى الجولة الأولى فى المعركة الدائرة بين البر والبحر .





الأنهار والأعمال التى تقوم بها

يتبخر جزء من المطر الذى يسقط من السحب بمجرد أن يلمس الأرض . وإذا كان الهواء شديد الجفاف فقد يتبخر كله قبل أن يصل إلى الأرض . ويغوص بعض المطر داخل الأرض ، وينطلق الباقى إلى أسفل المنحدرات .

وإذا كانت هناك أية مواد مفتتة «سائبة» يمكن نقلها ، فإن الماء المنطلق فوق السطح قادر تماماً على نقل جزء منها . وكلما كان المنحدر شديداً انطلقت المياه فوقه بسرعة أكبر ، وحملت منه كمية أكبر من الصخور المتفتتة والتربة . وتدخل كمية المياه فى الاعتبار كذلك . فكلما كانت هناك مياه أكثر تنطلق فوق المنحدر ازدادت كمية المواد « السائبة » التى يمكن أن تحملها .

وربما يكون للمياه النقية تأثير طفيف جداً فى بلى الصخور الصلبة التى تجرى فوقها ، أو قد لا يكون لها تأثير فيها إطلاقاً . ولكن المياه الحاملة للرمل والحرول (فتات الحجارة) يمكنها أن تبلى الصخور . وتشبه المياه النقية فى المعركة الدائرة بين البر والبحر جيشاً أعزل لا سلاح له . ويقوم الرمل والحرول بمهمة السلاح .

إن الخانق العظيم (جراند كانيون) لمثال مدهش لما يمكن أن تعمله المياه المحملة بالرمل



والجرول . وتبين الصورة فى أعلى صفحة ١٣ قاع الخانق . ترتفع جدران الخانق عدة آلاف من الأمتار فوق الجزء المبين فى الصورة . ويسمى هذا الجزء من الخانق بـ « الخانق الجرانيتى » ذلك لأن نهر كلورادو الذى نحت الخانق يشق طريقه هنا فى صخر من الجرانيت الصلب .

ولما كانت معظم المياه التى تنطلق إلى أسفل المنحدرات تجد طريقها إلى الأنهار ، فإن قصة عمل المياه الجارية هى — أساساً — قصة عمل الأنهار . وربما تكون قد شاهدت فوق بعض المنحدرات العارية خيرانا صغيرة نحتتها المياه المنطلقة فوق هذه المنحدرات. لقد بدأ الكثير من أنهارنا فى شكل خيران دقيقة كهذه تماماً .

لنتتبع قصة أحد هذه الخيران الذى نما حتى صار وادياً لأحد الأنهار. لقد بدأ هذا الخور فوق جرف على شاطىء البحر . وكانت هناك خيران أخرى كثيرة على طول الجرف نفسه ، ولكن خور قصتنا كان فى تربة يمكن أن تبلى بسهولة جداً ، فانحدر الخور انحداراً شديداً نحو البحر . وجرت مياه الأمطار على منحدره بسرعة كبيرة ، وازداد الخور عمقاً بسرعة ، وفى نفس الوقت ازداد طولا ؛ فالمياه المنطلقة على المنحدرات القريبة من رأس الخور أبلت التربة هناك ، ونحت الخور طريقه إلى الوراء متباعداً عن حافة الجرف شيئاً فشيئاً .

وكان الخور يزداد اتساعاً كلما ازداد عمقاً ، فكانت المياه المنطلقة على جوانب الخور تبلى التربة على المنحدرات حتى ابتلع الخور بعض الخيران الصغيرة المجاورة . واستمر الخور يزداد عمقاً واتساعاً وطولا ، فوصل بعد سنين كثيرة عدة كيلومترات إلى الخلف بعيداً عن

الشاطئ . وفى ذلك الوقت استحق أن يسمى وادياً ؛ إذ أنه بدلا من أن يحمل فقط الماء بعد المطر الشديد ، كان به ماء جارٍ على طول السنة .

وكان للوادى جوانب شديدة الانحدار . لقد كان ما يسميه العلماء وادياً بشكل الرقم ٧ . وتبين الصورة فى صفحة (١٤) وادياً بشكل الرقم ٧ . هل ترى شكل الرقم ٧ الذى تكوّنه جدران الوادى ؟

لقد كبر المجرى حتى استحق أن يسمى نهراً ، واستمر ينحت طريقه فى الأرض . ولكن جاء الوقت الذى كان قد نحت فيه إلى العمق الذى جعل قاعه لا يرتفع إلا قليلا جداً فوق منسوب البحر لمسافة كيلومترات كثيرة خلف الشاطئ . لقد كان انحدار الوادى نحو البحر لطيفاً نوعاً . وكان النحت الذى قام به النهر آنئذ بالقرب من الشاطئ نحتاً جانبياً فى معظمه ؛ إذ كان يميل نحو أحد جوانب الوادى هنا ، وإلى الجانب الآخر هناك، فى أقواس تسمى المنعطفات ، شاقاً طريقه تدريجياً فى جدران الوادى إلى الخلف . وتكونت أرضية واسعة مسطحة تقريباً بين هذه الجدران . وعندما كان يسقط مطر كثير ، كان النهر يفيض غالباً ويطفح فوق ضفافه ، ثم تمتد مياهه فوق الأرضية المسطحة للوادى . وتسمى أرضية الوادى التى بهذا الشكل سهل فيضان .

وتعطى الصورة بالصفحة (١١) فكرة عن المنظر الذى يبدو فيه الوادى فى ذلك الوقت . لاحظ سهل الفيضان الذى بجانب النهر .

ولما صار النهر أكبر سناً جعل سهل فيضانه أكثر اتساعاً وصارت منعطفاته أكبر . وذات مرة ، بعد أمطار غزيرة جداً ، انسابت المياه فى النهر بسرعة أكبر من المعتاد حتى تمكن النهر من قطع أحد منحنياته وقوّم نفسه قليلا . أما المنحنى القديم فقد تحول إلى مستنقع أو بحيرة .

ومع نمو النهر صارت له أفرع أو روافد كثيرة ، يبدأ معظمها فى هيئة خيران فى جدران الوادى .

وصارت جدران الوادى أقل وأقل انحداراً مع تقدم النهر فى العمر ، لقد أبلتها بالتدريج المياه الجارية فوق المنحدرات . وأخيراً أبلى النهر وأفرعه كل المنطقة حتى صارت منحدراته فى كل مكان لطيفة نوعاً ، ولم يكن فى أى مكان أعلى كثيراً من منسوب البحر .

يحكى الشكل المجسم الصغير فى صفحة (١٧) قصة تشبه كثيراً تلك التى سمعتها حالا . ويوصف وادى النهر الممثل فى الشكل الأول بأنه شاب ، والممثل فى الشكل الثانى بأنه فى منتصف العمر أو ناضج ، والممثل فى الشكل الثالث بأنه كهل .

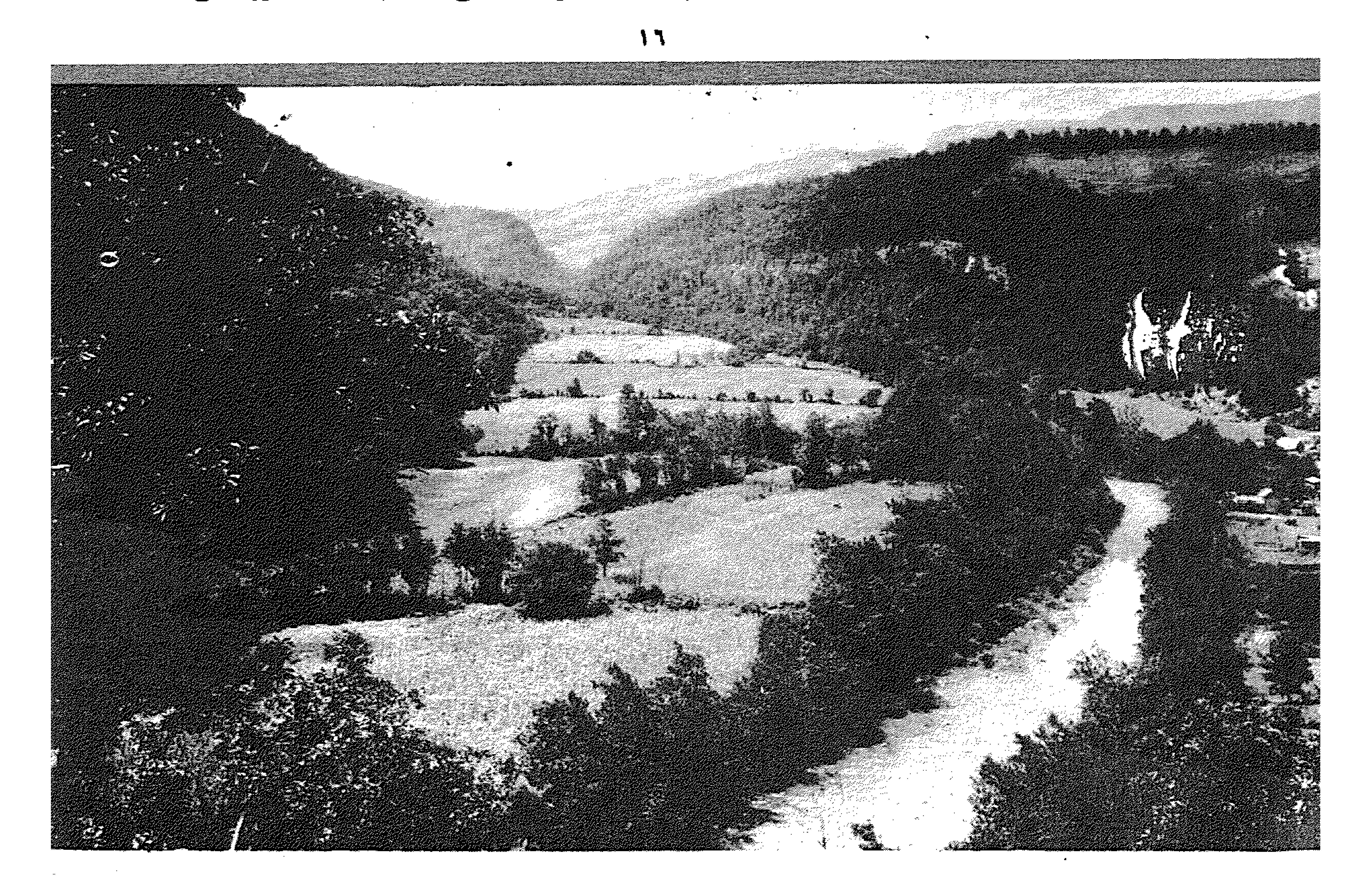
ولا يدلك القول إن وادى أحد الأنهار كهل ، وإن وادياً آخر شاب ، على عمر أى الواديين بالسنين . فالنهر الذى ينساب فوق تربة مفككة يمكن أن ينحت طريقه أسرع من نهر بنفس الحجم ينساب فوق صخر صلب ، وسيبلغ واديه الكهولة بسرعة أكبر .

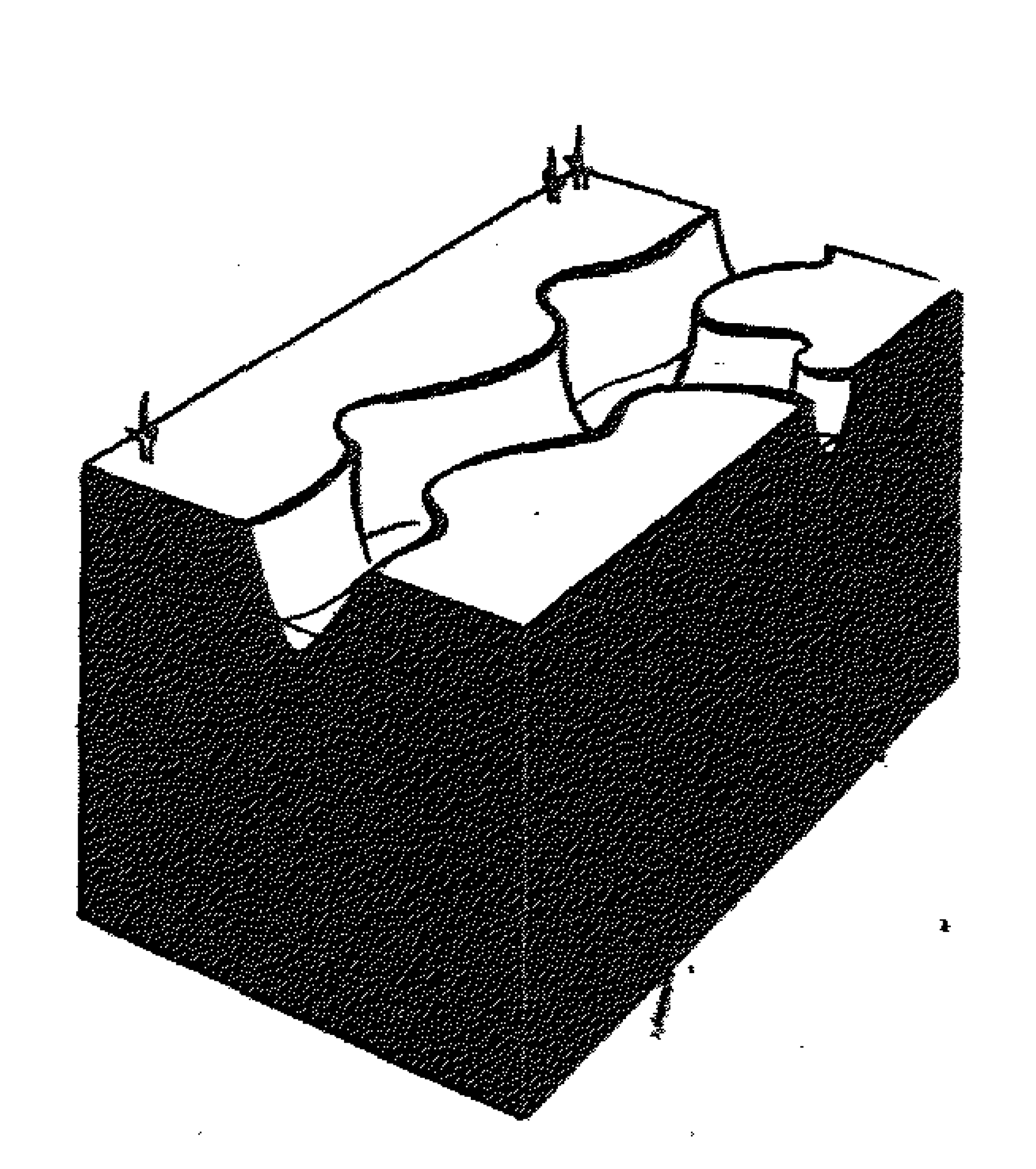
وقد يكون وادى النهر كهلا فى أحد الأمكنة ، وشاباً فى مكان آخر . وكلما ذهبت بعيداً عن فم النهر إلى الوراء كان من المحتمل أن تلقى النهر أكثر شباباً .

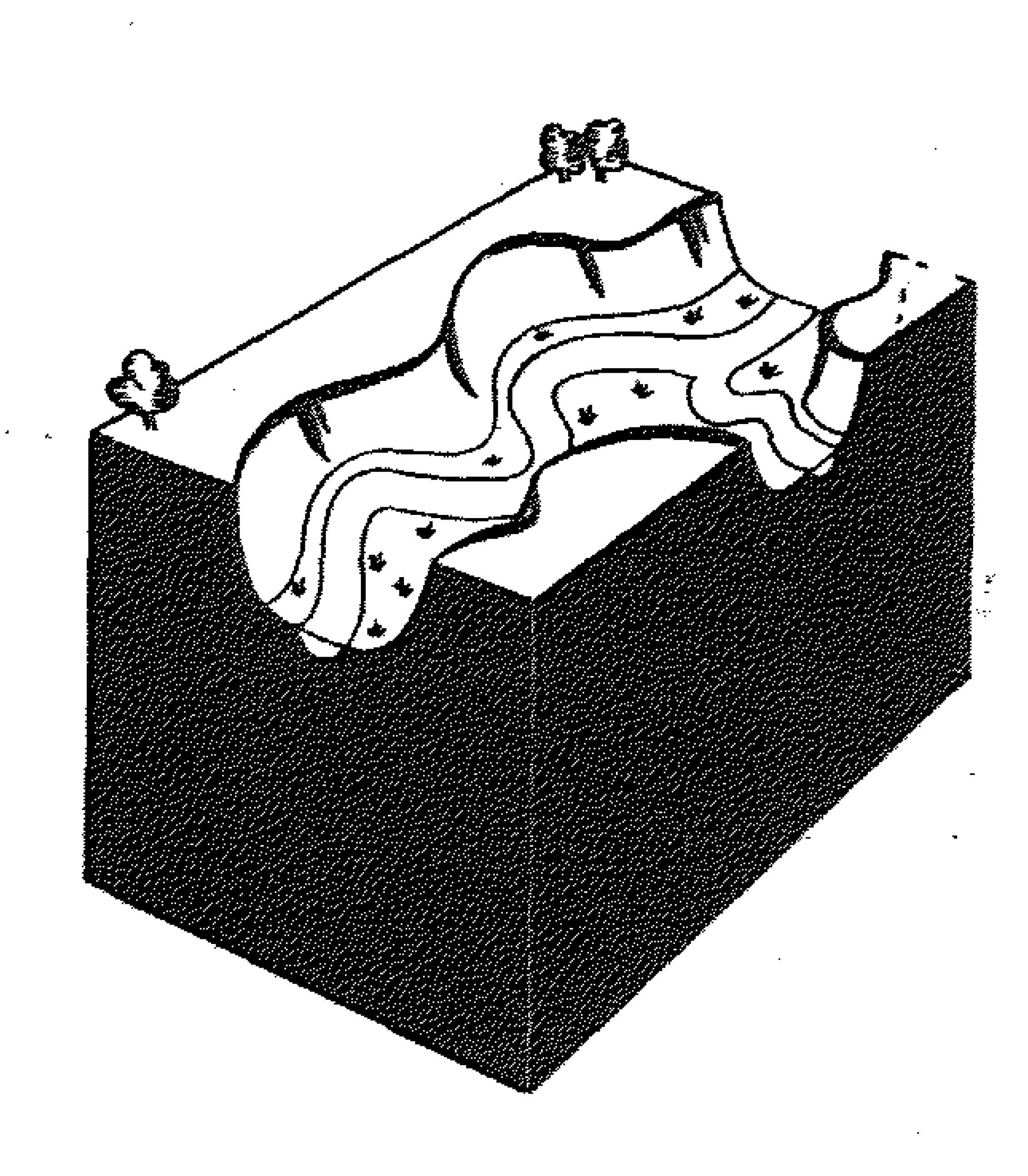
وبعض الأنهار لها بدايات مختلفة نوعاً عن تلك التى نبئت بها . فمثلا قد تفيض بحيرة جبلية فتبدأ نهراً جديداً . ولكن حتى لو بدأت الأنهار بطرق مختلفة فإن أطوار تواريخها اللاحقة هى نفسها تقريباً .

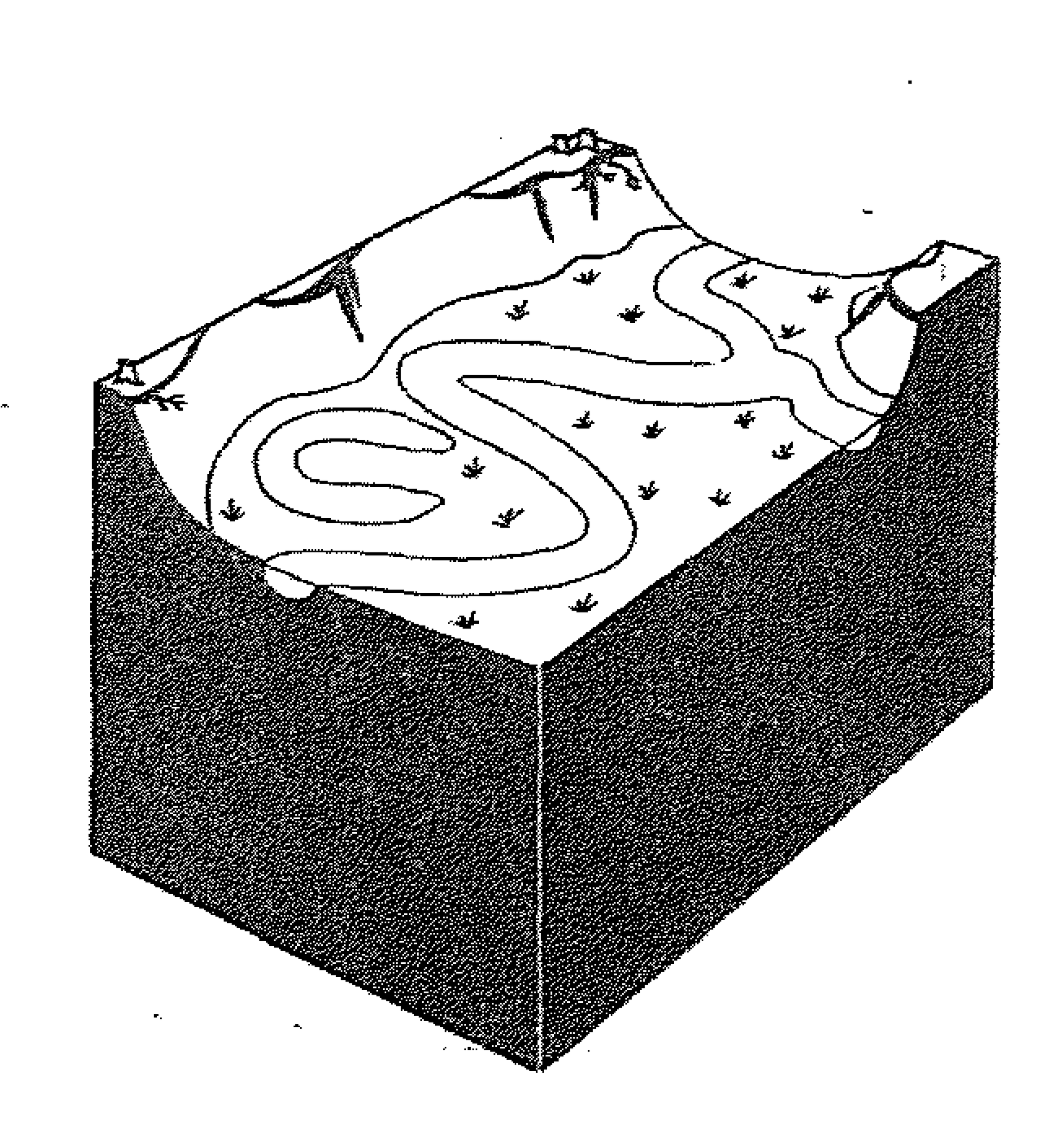
وتنبئ الأشكال فى صفحة (١٧) عن التعرية التى يقوم بها نهر ما . ولكن هناك جزءاً آخر من القصة .

وكما تذكر من قصة الهوانجهو ، فإن النهر قد يسقط جانباً من حمولته على قاعه ، والنهر ينساب بالقرب من رأسه (منبعه) بسرعة أكبر من تلك التى ينساب بها بالقرب من









فه ، ذلك لأن المنحدر الذى يجرى فوقه أشد وعورة فى ناحية المنبع . وعندما تقلّ سرعة النهر فإنه لايتمكن من حمل صخور وتربة بكميات كبيرة ، وقد يسقط بعض حمولته فوق القاع .

وفى أثناء الفيضانات ، يسقط النهر الذى له سهل فيضان ، جزءاً من حمولته فوق هذا السهل ، والمزارع التى بسهل الفيضان فى نهـر ما قمينة أن تنتج محصولا غزيراً ، وذلك لأن التربة الحديثة « الطازجة » التى ينقلها إليها النهر من وقت لآخر قد جعلتها غنية .

يصل الجانب الأكبر من المواد التى تحملها الأنهار إلى البحر ، وعندما تلاقى مياه النهر مياه البحر تنخفض سرعتها إلى الدرجة التى تحتم إسقاط حمولتها . إنهـا تلقى بالجسيمات الثقيلة أولا — أى بالحصى — وتلقى بالرمل بعيداً إلى الخارج ، وبالطين أبعد من ذلك ، وهذا يغوص إلى قاع البحر . وقد يبنى قاع البحـر فيعلو ليصير أرضاً جديدة ، وتسمى الأرض الجديدة التى تتكون عند فم النهر بالدلتا . وتوجد أكثر من مدينة كانت يوماً ما ساحلية عند فم النهر ، وهى الآن على بعد عدة كيلومترات داخل البر بسبب الدلتا التى بناها النهر فوق أرضية البحر .

وقد بنى المسيسبى واحدة من أكبر دلتات العالم .. ومنذ أزمنة طويلة كان المسيسبى يجـرى فى ذراع من خليج المكسيك ، كان يصل فى ناحية الشمال الغربى تقريباً إلى حيث يتصل نهر أوهايو بالمسيسبى الآن . وبدأ المسيسبى فى بناء دلتا فى تلك الذراع من الخليج .

وأخيراً امتلأت ذراع الخليج تماماً بالمواد التى كان يلقى بها المسيسبى، ظل المسيسبى يجلب حمولته من الحصى والرمل والطين فيزداد نمو الدلتا التى امتدت إلى الخارج فى الخليج . والصورة فى صفحة (١٨) منظر جوىّ لمدينة

نيوأورليانز ، وهى مدينة كبيرة أقيمت على دلتا المسيسبى . لاحظ أن الأرض المحيطة بها مستوية جداً . فليس من المحتمل أن توجد أية تلال فى الدلتا .

ما زالت دلتا المسيسبى تنمو ، إن كمية المواد التى ينقلها المسيسبى إلى الخليج كل عام لعلى درجة من الضخامة يصعب تصورها ، فهى تبلغ ٤٠٠,٠٠٠,٠٠٠ طن فى السنة ، ومعظم هذه المواد ترسب ثم تلتقطها المياه ثانية عدة مرات قبل أن تصل إلى نهاية رحلتها .

تدفع قوة المياه المنسابة فى الجداول والأنهار كل المواد التى تدخل فى بناء الدلتات وتنقل المياه الجارية المواد الصخرية بطريقة أخرى ، إنها تحملها فى الحالة الذائبة . فالملح وكربونات الكلسيوم « الجير » الذى يتكون منه الحجر الجيرى ، مادتان تحملهما الأنهار بهذه الطريقة . هذه المواد لا ترسب عندما تصل مياه النهر إلى البحر ، ولكنها تتخلف عندما تتبخر مياه المحيطات لتسقط أمطاراً . وهكذا تصير مياه المحيط أكثر وأكثر ملوحة ، ويمكن أن تصير مشبعة أكثر وأكثر بالجير لولا وجود البلايين العديدة من الحيوانات البحرية التى تستعمل الجير من المياه لتبنى به أصدافها .

والآن وقد عرفت شيئاً عن عمل الأنهار ، ألا ترى أنها تبنى الأرض اليابسة ، كما أنها تهدمها أيضاً ؟ ألا ترى أنها تحارب هنا فى صف البر ، وهناك فى صف البحر فى المعركة الخالدة بينهما ؟ .



المياه تحت الأرض

إن بعض الماء الذى يسقط من السحب يغوص – كما قلنا لك سابقاً – داخل الأرض . ويسمى هذا الماء غالباً بالماء الجوفى .

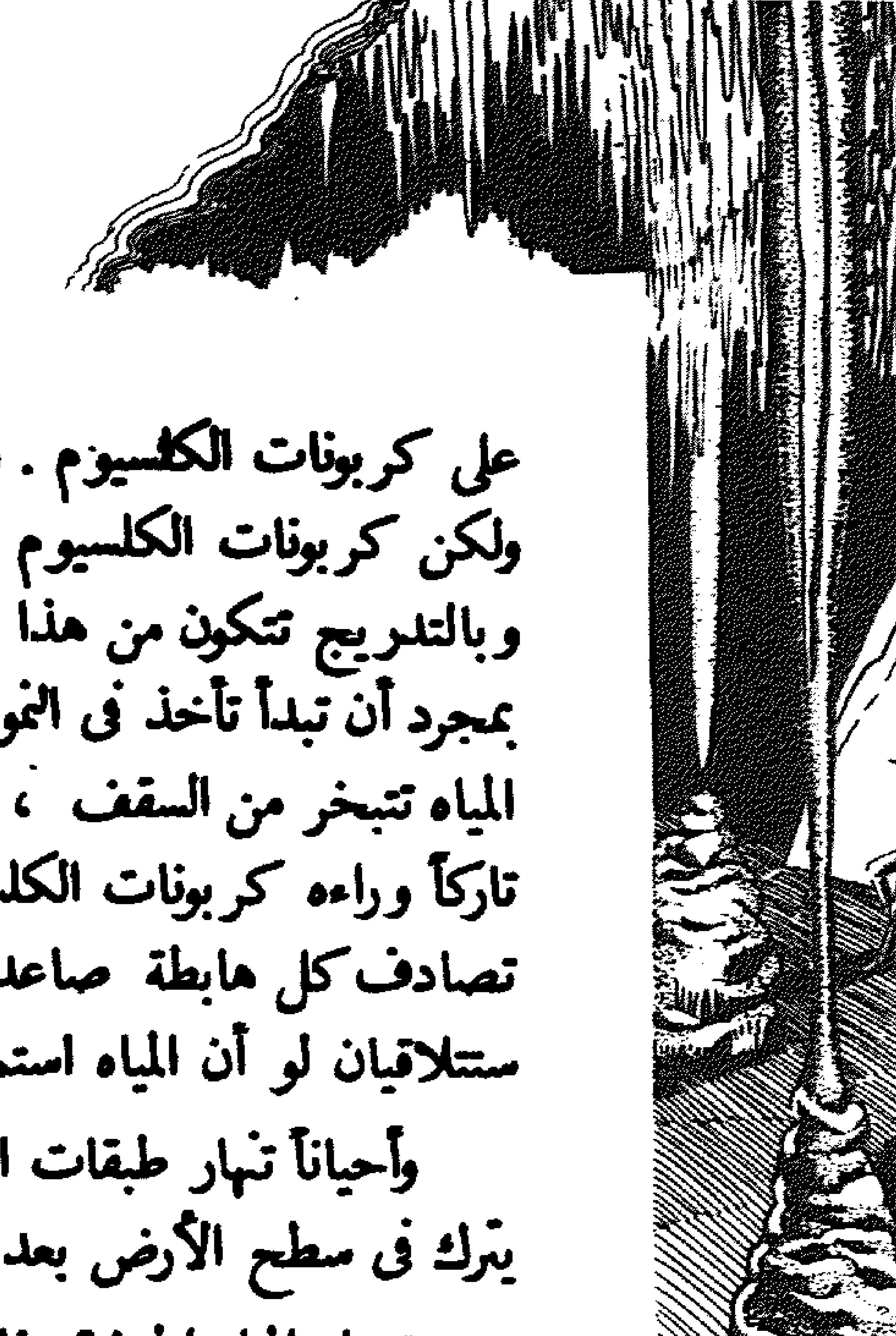
من السهل أن نفهم كيف يغوص المطر داخل التربة ، فهناك دائماً فراغات بين جسيمات التربة . ولكن لا يمكن أن نفهم بنفس السهولة كيف يتسرب الماء إلى داخل الصخر المتماسك تحت التربة ، والذى يعرف بصخر الأساس . إن الصخور ، على أى حال مسامية ؛ أى إنها تحتوى على ثقوب دقيقة . وزيادة على ذلك فإن صخر الأساس به شقوق يمكن للماء أن يغوص خلالها . ومن بين الصخور التى يمكن للماء أن يغوص فيها بمنتهى السهولة ، الحجر الرملى والحجر الجيرى .

إن الماء الذى يغوص بعيداً فى الأرض لا يمكث دون حركة . إنه يتحرك هنا وهناك كما يتحرك الماء الذى فوق السطح . وهو كقاعدة لا يتحرك بنفس السرعة ، ولكنه يتحرك على أى حال ،وفى أثناء حركته يلعب دوره فى الحرب الدائرة بين البر والبحر .

لقد رأيت كيف أن المياه السطحية تحمل حمولتها بطريقتين مختلفتين : بدفع الجسيمات أمامها، وبحمل المواد فى هيئة المحلول . إن المياه التى تتسرب خلال ثقوب الصخور تحت الأرض يمكنها أن تحمل المواد بالطريقة الثانية فقط .

والمياه الجوفية ، مثل المياه السطحية، لا يمكن أن تذيب إلا قدراً ضئيلا جداً من المواد الصخرية إذا كانت فى الحالة النقية . ولكن المياه الجوفية لا تكاد تكون نقية أبداً . وهى قمينة أن تكون قد أذابت بها مواد تساعدها على إذابة بعض المواد الصخرية . ويوضح الشكل التخطيطى بصفحة (٢٠) جزءاً من داخل كهف صنعته المياه الجوفية . إنه فى طبقة سميكة من الحجر الجيرى . لقد أذابت المياه الجوفية الحجر الجيرى الذى كان هنا يوماً ما وأزالت معظمه . إن تلك الأشياء الغريبة التى تشبه « جبال الجليد » ، وتلك الرواسب التى على أرضية الكهف ، قد تكونت بفعل المياه الجوفية . وتسمى تلك التى تتدلى من أعلى بالهوابط (stalactites) ، وتلك التى تصعد من الأرضية بالصواعد (stalagmites) . لاحظ أن إحدى الصواعد فى الصورة قد اتصلت بواحدة من الهوابط .

إن المياه التى تكون الهوابط والصواعد فى أحد الكهوف ترشح خلال سقفه وهى تحتوى



على كربونات الكلسيوم . وبعض هذه المياه تتبخر عندما تصل إلى الهواء الطلق ، ولكن كربونات الكلسيوم لا يمكن أن تتبخر ، ولذلك فهي تتخلف في مكانها . وبالتدريج تتكون من هذا المعدن تلك الأشياء التي تشبه « جبال الجليد » . وهي بمجرد أن تبدأ تأخذ في النمو كما تنمو جبال الجليد الحقيقية تماماً . ولكن ليست كل المياه تتبخر من السقف ، فبعضها يتساقط على الأرضية ، وبعضها يتبخر بدوره تاركاً وراءه كربونات الكلسيوم . وهكذا تنمو الصواعد من الأرضية . ويغلب أن تصادف كل هابطة صاعدة تحتها ، ويكاد لا يكون هناك شك في أن الاثنتين ستتلاقيان لو أن المياه استمرت ترشح خلال سقف الكهف .

وأحياناً تنهار طبقات الصخر والتربة فوق أحد الكهوف ، ويسمى الثقب الذي يترك في سطح الأرض بعد هذا الانهيار بالبالوعة .

تصل المياه الجوفية غالباً إلى السطح . وقد ترشح إلى أعلى من خلال التربة وتتبخر ، أو من خلال النباتات وتتبخر من أوراقها ، أو تصعد إلى السطح في الآبار. وقد تسري خلال طبقة من الصخر المسامي حتى تصادف هذه الطبقة السطح فيتكون من ذلك نبع . وربما كانت أكثر الكيفيات التي تنبثق بها المياه الجوفية إلى السطح إثارة ومتعة للنظر هي الفوارات والينابيع الحارة .

ويوضح الشكل التخطيطي في صفحة (٢١) منظراً لفوارة . ولا توجد فوارة تبدو دائماً بهذا الشكل ؛ إذ لا توجد فوارة في حالة ثوران مستمر . ولو أنك استكشفت الفوارة التي في الصورة أو أية فوارة أخرى فستجد بها « أنبوبة » ضيقة متعرجة مليئة بالماء تؤدي في أسفلها إلى صخر حار جداً ليس ببعيد من السطح . وتعرج الأنبوبة هام ؛ إذ أنه هو السبب في ثوران الفوارة .

يحدث الثوران بالطريقة الآتية :

عندما يسخن الماء الذي عند قاع الأنبوبة فإنه يتمدد . ولو أن الأنبوبة مستقيمة ومتسعة فإن الماء الذي في أعلاها ، والأكثر برودة وكثافة ، قد يهبط ويدفع الماء الأخف الأكثر دفئاً إلى أعلى . ولكن حيث إن الأنبوبة ضيقة ومتعرجة فإن الماء البارد لا يتمكن من الهبوط بسهولة . ويبدأ بعض الماء في أعماق الأنبوبة في الغليان . إن البخار الذي يتصاعد من ماء يغلي في وعاء مكشوف يشغل حيزاً يساوي ١٦٠٠ ضعف من الحيز الذي يشغله هذا الماء تقريباً . ولو أن ماءً سخن إلى درجة الغليان في زجاجة متعرجة لأطاح بالسدادة في

الهواء . وبمجرد تكون أولى فقاعات البخار فى الأنبوبة الفوارة فإنها تدفع الماء فيها فينسكب بعضه إلى الخارج . وحيث إن الماء الذى عند قاع الأنبوبة قد خف ضغط الماء فوقه فإنه يبدأ فى الغليان بسرعة كبيرة، ويقذف البخار الماء الذى فوقه عالياً فى الهواء . وبعد أن تثور الفوارة مرة فإنها لا تثور ثانية حتى تمتلئ أنبوبتها مرة أخرى بالماء . ويتحول بعض الماء الذى تحت السطح مرة أخرى إلى بخار .

وتشبه الينابيع الحارة الفوارات شبهاً كبيراً ، إلا أنها تتدفق بثبات . وهى ليس لها عنق متعرج لتحجز فيه المياه . وأحياناً تتكون شرفات جميلة حول الينابيع الحارة من المعادن التى فى مياه الينابيع .

لقد رأيت الآن أن المياه الجوفية تلعب دورها فى الحـــرب الدائرة بين البر والبحر ؛ فهى تساعد على تمزيق الأرض وتفتيتها هنا وتعمل على تعلية السطح هناك .

الرياح والأمواج

كلنا نعرف أن الريح يمكنها أن تثير الرمل والغبار . وفى بعض الأحيان تهب عواصف كبيرة من الرمل والغبار فى المناطق الشديدة الجفاف . إن الرمل أو الغبار الذى تذروه الرياح من أحد الأماكن لابد أن يسقط بالطبع فى مكان آخر . وربما تكون قد رأيت صوراً لقرى صينية تبين ساحة بالقرية غائرة بعيداً تحت الأرض ، وكهوفاً محفورة فى جدران القذارة المحيطة بالساحة . إن التربة التى تقوم عليها تلك القرى الصينية هى تربة جاءت بها الرياح .

وتسمى هذه التربة باللوس أو الطَّيَّس . يتراكم الرمل غالباً فى هيئة تلال تسمى الكثبان، وتبين الصورة فى صفحة (٢٢) بعض تلك الكثبان الغريبة الهلالية الشكل فى صحراء بيرو .

وكثبان الرمل تتحرك إلا إذا قيدتها فى أماكنها النباتات التى تنمو عليها . والرياح تذرو الرمال إلى أعلى أحد جانبى الكثيب، ثم فوق قمته . وهكذا يزحف الكثيب بأكمله فى بطء، وتهاجر كثبان بيرو الهلالية عبر الصحراء وأطرافها دائماً إلى الأمام . وقد تطمر الكثبان المتحركة الغابات والمزارع وحتى القرى أيضاً .

ولكن تحرك الجسيمات الصخرية المفتتة — أو الذائبة — « السائبة » من مكان لآخر ليس إلا إحدى الطرق التى تغير بها الرياح سطح الأرض . فالرياح تبلى الصخور الصلبة

أيضاً . وبالإضافة إلى ذلك فهى تثير الأمواج فى البحيرات والمحيطات وتولد التيارات التى تحدث التغيرات فى خطوط الشواطئ .

لا يتيسر للرياح التى تهب فوق الأسطح العارية للصخور الصلبة إبلاء الكثير منها إلا إذا كانت لديها الأسلحة التى تعمل بها . ولكن إذا ما تزودت الرياح بالرمل لتحارب به فإنها تتمكن ، كما رأينا فى حالة المياه ، من إبلاء الصخور الصلبة بسرعة لا بأس بها . وتبين صورة الغلاف لهذا الكتاب صخوراً نحتتها الرياح .

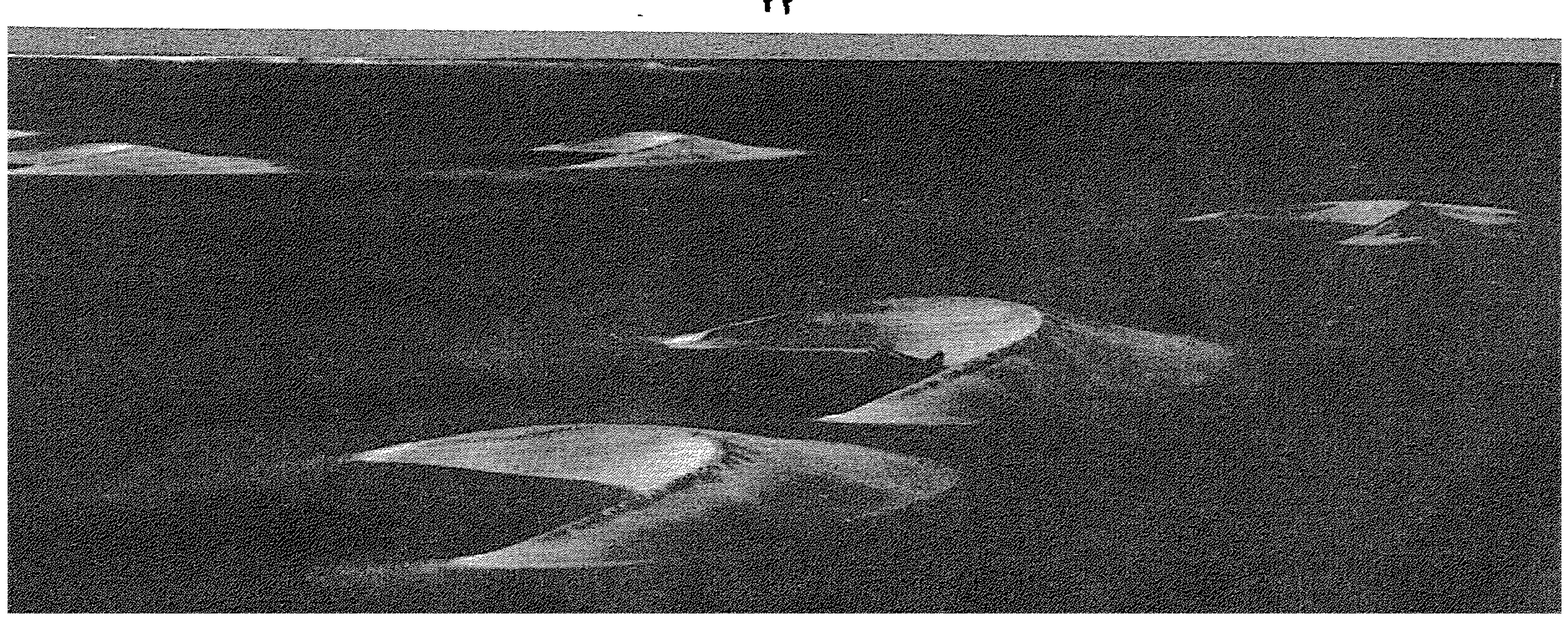
يمكن أن تنشأ بعض الحركة فى مياه البحيرات والمحيطات حتى ولو لم تكن هناك رياح . فالقمر – كما تعرف فى أغلب الظن – يسبب المد والجزر فى المحيطات ، وإلى حد بسيط فى البحيرات . وكذلك فإن تدفق الأنهار فى البحيرات والبحار يسبب بعض الحركة فى مياهها . وتسبب الزلازل غالباً أمواجاً ضخمة . ولكن لولا وجود الرياح لكانت حركة المياه فى البحيرات والبحار أقل كثيراً مما هى عليه الآن .

وفى بعض الأماكن تنحت الأمواج فى الشواطئ . وعندما تقذف الأمواج الشاطئ ليس بالمياه فحسب ، ولكن بكميات من الرمل والجرول ، فحتى لو كان الشاطئ صخرياً فإنه يتداعى بالتدريج . وتبين الصورة فى صفحة (٨) شاطئاً يبلى ويتراجع بفعل الأمواج .

ويحدث الكثير من بلى الأجرف على طول الشواطئ من عملية النحت السفلى ، أى إن الأمواج تبلى قاعدة الجرف فتتساقط الصخور من أعلى فى المياه .

وتجد معظم الصخور والتربة التى تبليها الأمواج ، طريقها إلى قاع البحر بعيداً عن الشاطئ . ولكن بعضها تسقطه الأمواج والتيارات الشاطئية فتبنى به أرضاً جديدة على طول الشاطئ . والشاطئ الواسع المبين فى الصورة بفصنحة (٢٣) قد بنته الأمواج والتيارات الشاطئية .

وكلما رأيت شاطئاً واسعاً كذلك الذى بالصورة ، يمكنك أن تقول لنفسك : « هنا كسب اليابس المعركة» . وعندما ترى شاطئاً كذلك الذى بالصورة فى صفحة (٨) يمكنك أن تقول لنفسك : « ولكن البحر هنا هو الكاسب »





حقول وأنهار الجليد

تبين الصورة فى صفحة (٢٤) نهراً من الجليد هابطاً فى أحد الأودية من حقل جليدى بالقرب من قمة أحد الجبال . يسمى مثل هذا النهر من الجليد مثلجة وادية .

إن قصة كل مثالج الوديان هى نفسها دائماً . وهى تبدأ بسقوط الثلج فوق الجبال . وفى معظم الأماكن ينصهر الثلج الذى يسقط على الأرض سريعاً . ولكن قد يسقط من الثلج فوق الجبال فى الشتاء أكثر مما يمكن أن ينصهر فى الصيف . وبذلك تتكون حقول سميكة من الثلج فى الحفر وعلى المنحدرات اللطيفة . وبالتدريج تتحول هذه الحقول الثلجية إلى حقول من الجليد . ينصهر الثلج الذى على السطح وتغوص المياه بداخل الثلج السفلى حيث تتجمد فيما بعد ، وتساعد على تحول حقول الثلج إلى حقول من الجليد .

وعندما يزداد حقل الجليد فوق أحد الجبال سمكاً يبدأ الجليد الذى عند قاع الحقل فى الحركة نحو الخارج ، لأنه يعصر تحت ثقل الجليد الذى فوقه . إنه يعصر إلى الخارج بنفس الطريقة التى يمكن أن تعصر بها قطعة من طين النماذج لو أنك ظللت تكوم قطعاً أخرى من الطين فوقها . وقد يتحرك بعض الجليد إلى الخارج فى هيئة مثلجة وادية ، تماماً كما تنطلق المياه من بحيرة جبلية فى هيئة جدول جبلى .

وربما تكون قد رأيت مزالق الثلج أو الانهيارات الثلجية أو سمعت بها . ولا ينبغى أن تفكر فى أن مثالج الأودية تشبه على الإطلاق الانهيارات الثلجية . ففى الانهيار الثلجى تفلت كتلة من الثلج من المنحدر الذى كانت مستقرة عليه ثم تنزلق فوقه بسرعة كبيرة . أما المثلجة ، على أى حال ، فهى لا تفلت من حقل الجليد الذى تبدأ منه . وإلى جانب ذلك فهى تتحرك ببطء شديد . وكثير من المثالج لا يتحرك إلا بضعة سنتيمترات فى اليوم . والمثلجة لا تنزلق فوق بطن الوادى ، ولكن بدلا من ذلك فإن حافتها تدفع ببطء إلى أسفل .



يندر أن يكون أحد الأودية مستقيما ، كما أن أرضيته لا تكون ملساء تماماً أبداً . وعندما تتحرك المثلجة مع انحدار الوادى ، فإنّها تلف فى العادة وتلتوى وتمر فوق نتوءات الصخور التى تعترض طريقها . وتسبب هذه الحركات ظهور شقوق ضخمة فى المثلجة . وتسمى هذه الشقوق بالفرج . ودراسة المثالج لاستكشافها عملية خطرة بسبب هذه الفرج أساساً .

ومع تقدم المثلجة يلتصق كثير من الحصى الذى تتحرك فوقه فى سطحها الأسفل . وعندئذ تشبه المثلجة قطعة هائلة من ورق الصنفرة ، إنها تبلى الصخور التى تمر فوقها تماماً كما يبلى ورق الصنفرة الخشب .

ولكن المثلجة تعمل أيضاً كمحراث . إنها تدفع أمامها كثيراً من التربة السائبة فوق أرضية الوادى . وهى تقتلع الأشجار من جوانب الوادى وتجرف الصخور المفككة هناك أيضاً . وتتخذ الوديان الشابة التى تتحرك فيها المثالج شكل الحرف الأفرنجى U بدلا من شكل الرقم ٧ .

وتوضح الصورة فى صفحة (٢٥) ذراعاً ضيقة من البحر من ذلك النوع الذى يسمى فيورد . لقد كان هذا الفيورد يوماً ما وادياً لأحد الأنهار ، وعمقته إحدى المثالج التى كانت تتحرك فيه حتى صار تحت منسوب البحر قريباً من الشاطئ . والآن بعد أن انصهرت المثلجة وتلاشت ، صار الوادى ذراعاً من البحر .

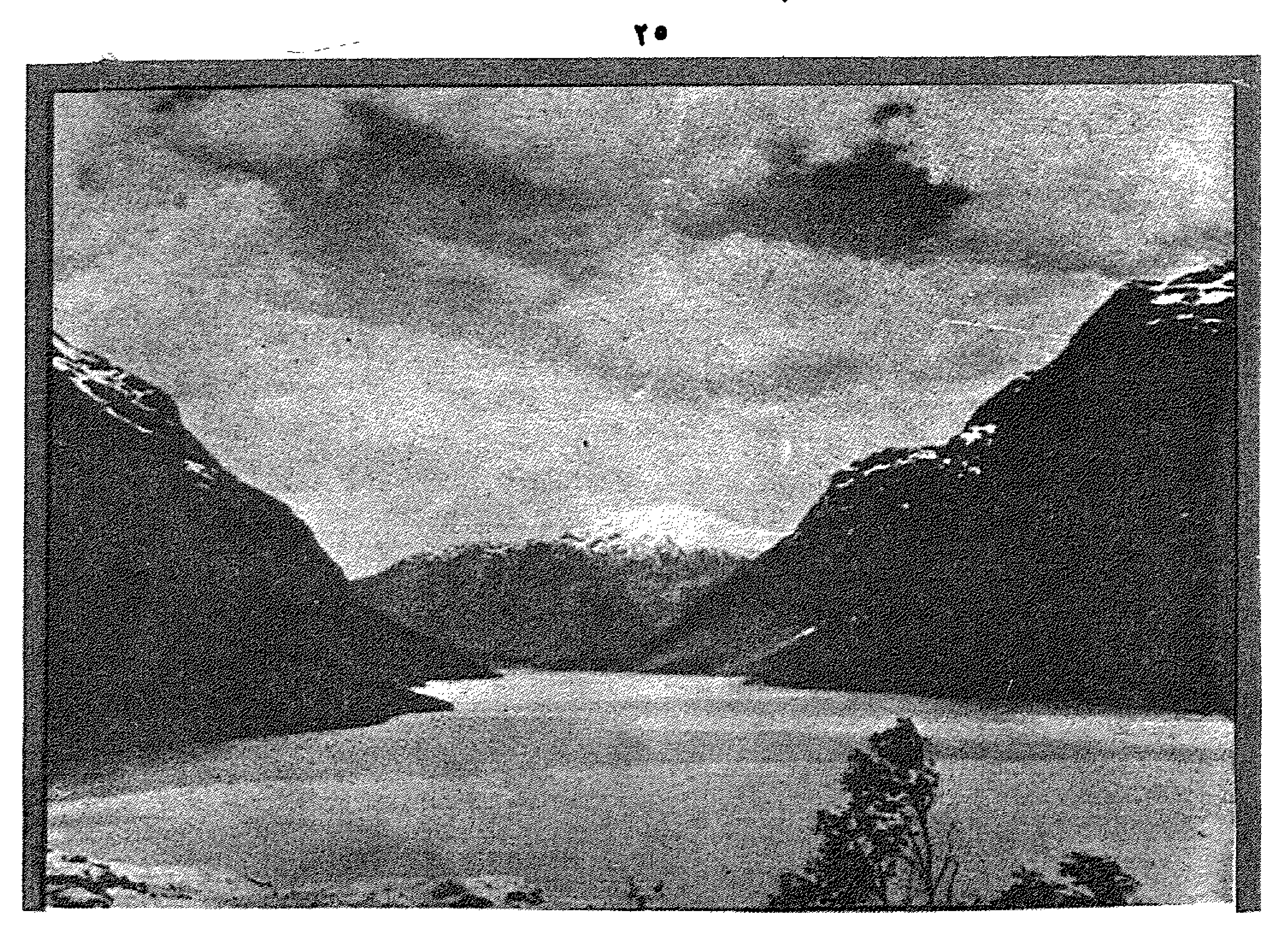
وقد تحمل المثلجة أيضاً مواد صخرية فوق سطحها . ويغلب أن تتجمع التربة وحتى الجلاميد الكبيرة على سطح المثلجة . وقد تتجمع على سطح المثلجة التى تتحرك ببطء كميات كبيرة من التربة تسمح للأشجار بالنمو عليها . وهناك مثلجة فى آلاسكا كانت تنمو عليها غابة لمدة سنين وكانت تحمل هذه الغابة إلى البحر .

إذا وصل نهر من الجليد إلى البحر فإن كتلا عظيمة من الجليد تنقطع من نهايته وتصير ما يسمى بجبال الجليد . ولكن كثيراً من المثالج لا تبلغ البحر أبداً . وإذا ما وصلت نهاية المثلجة إلى مستويات أكثر انخفاضاً ومناطق أكثر دفئاً ، فإن الجليد قد ينصهر متراجعاً بنفس السرعة التى يدفع بها إلى الأمام . وبالطبع لو أن انصهار المثلجة وتراجعها كانا أسرع من دفعها إلى الأمام فإنها ستختفى مع الوقت .

وتسمى أكوام أو طبقات المواد الصخرية التى تحملها المثلجة أو تدفعها أمامها والتى تتركها وراءها إذا ما انصهرت بركام المثالج .

ليست كل المثالج موجودة فى وديان ، فى المناطق القريبة من القطب الشمالى والقطب الجنوبى توجد مثالج عظيمة تمتد فوق مساحات شاسعة من البر . ومعظم جرينلاند مثلا تغطيه مثلجة واحدة . ومثل هذه المثالج تسمى أغطية الجليد .

إن مثلجة جرينلاند العظيمة هى ما تبقى من أغطية الجليد الشاسعة التى كانت فى يوم من الأيام تغطى ما هو الآن كندا ، والجزء الأكبر من شمال ما هو الآن الولايات المتحدة. ويسمى الوقت الذى كان فيه معظم أمريكا الشمالية مغطى بالمثالج بعصر الجليد العظيم .



لقد أتت مثالج عصر الجليد العظيم بكميات هائلة من التربة من الشمال وتركتها فوق ما هو الآن الولايات المتحدة . إن ما نعرفه عن هذه الأغطية الجليدية العظيمة مستمد أساساً من ركام المثالج الذى تركته بعد انصهارها . وتوجد بين هذا الركام جلاميد ضخمة جلبت من أقصى الشمال . إن الجلاميد الكبيرة لا يمكن أن تنقل مسافات طويلة بأية طريقة طبيعية إلا بواسطة الجليد . لقد عملت أغطية الجليد فى أثناء العصر الجليدى العظيم على تنعيم أعالى التلال التى مرت عليها . وتركت خدوشاً ضخمة على الصخور العارية التى تحركت فوقها . وهأنتذا ترى أنها قد أحدثت تغيرات ضخمة فى سطح الأرض . وتحدث المثالج الحالية تغيرات مماثلة ، ولكنها أقل أهمية ، لأن مثالج الوقت الحاضر لا تغطى من الدنيا إلا جزءاً يقل كثيراً عن ذلك الذى كانت تغطيه مثالج عصر الجليد العظيم .

إن المثالج تكوّن الركام الجليدى ، ولكنها على العموم تساعد البحر فى معركته ضد البر . إنها تحمل بعض المواد الصخرية إلى البحر إذا ما بلغته ، أما إذا لم تبلغه فإنها تساعده بطحن الصخور حتى يمكن للريح والمياه الجارية أن تحملها إليه .

البراكين

لقد رأيت فى قصة كراكاتوا كيف أن ثوراناً بركانياً قد يساعد البحر فى كسب المعركة . فأنت تذكر أن الجزيرة قد نسف نصفها . ولكن الثوران البركانى يبنى فى كثير من الأحوال أرضاً جديدة ، أو يعلى أرضاً قديمة .

إن قصة جزيرة بوجوسلوف هى عكس قصة كراكاتوا تماماً . فمنذ حوالى ١٥٠ سنة لاحظ سكان أنالاسكا ، إحدى جزر البحر الذى يفصل بين آلاسكا وشمال آسيا ، ضباباً فوق المياه يبعد حوالى ٦٤ كيلومتراً إلى الغرب من جزيرتهم . وهذا الضباب لم يختف حتى فى الأيام المضيئة المشمسة . وأخيراً قرر أحد السكان أن يذهب ويكشف أمر الضباب . وقد رجع مرتاعاً ، وقال إن البحر فى منطقة الضباب يغلى ، وإن الضباب كان ينشأ من البخار الذى يتصاعد فوق الماء الذى فى حالة الغليان .

وبعد ذلك بأسابيع قليلة سمع سكان أنالاسكا انفجارات مروعة تأتى من منطقة الضباب وهزت الزلازل جزيرتهم وهطل الجمر والرماد أمطاراً . وكما يمكنك أن تخمن فقد وقع انفجار بركانى . ولما سكن مطر الجمر والرماد أمكن للسكان

أن يروا جزيرة جديدة ، كانت على شكل المخروط . وكانت الحمم والرماد ما زالت تندلع من قمة المخروط . لقد أقام هذا الثوران البركاني ، كما ترى ، أرضاً جديدة . وسميت الجزيرة الجديدة جزيرة بوجوسلوف .

كيف يحدث الثوران البركاني ؟ اعتاد الناس أن يفكروا أن باطن الأرض كله صخور سائلة حارة . وصار الصخر الصلب الذى عند السطح يسمى بالقشرة الأرضية، رغم أن العلماء الآن متأكدون تماماً أن القشرة ليست طافية فوق بحر من الصخور السائلة الحارة . ولكن توجد فى بعض الأماكن جيوب من الصخور السائلة الحارة ، ويسمى العلماء تلك الصخور بالحمما أو الصهارة . وهذه الجيوب ليست بعيدة جداً تحت السطح. ولوأن الصخر الصلب فوق أحد جيوب الصهارة تشقق أو ضعف بطريقة أو أخرى ، فإن الصهارة قد تندفع إلى أعلى من خلاله . ويسبب اندفاع الصهارة إلى السطح ثوراناً بركانياً .

وقد تدفع الصهارة إلى أعلى بفعل وزن الصخر الصلب الذى فوقها أساساً . وفى أغلب الأحوال ، على أى حال ، يتكون الغاز فى جيب الصهارة فيساعد على دفعها إلى أعلى . والغالب أن يكون هذا الغاز خليطاً من عدة غازات . ومن بين هذه الغازات بخار الماء الذى يتكون من المياه الجوفية التى تغوص خلال الصخور حتى تصل إلى جيب الصهارة .

إن بعض الثورانات البركانية لا تكون شديدة كغيرها . والحمم ، وهو الاسم الذى نطلقه على الصخور السائلة الحــارة التى تندلع فوق سطح الأرض ، قد تتدفق بهدوء من الفتحة التى تؤدى إلى جوف الصهارة . وإذا كانت الصهارة الصاعدة فى حلق البركان رقيقة فإن الغاز الذى يتكون يتمكن من الإفلات إلى السطح بسهولة نوعاً . ولكن إذا كانت الصهارة غليظة فيحتمل أن يدفع الغاز بعضها عالياً فى الهواء ، مسبباً انفجاراً شديداً جداً .

تتجمد الحمم ، إن عاجلا أو آجلا ، مكونة صخراً صلباً . وهى إذا دفعت عالياً فى الهواء فستتصلب هناك ، إما فى هيئة جسيمات دقيقة جداً تسمى الرماد البركانى ، وإما فى هيئة قطع أكبر تسمى الجمر البركانى .

لقد اعتدنا أن نفكر فى البراكين على أنها جبـــال . ولكنك قد عرفت بعض الشىء عن النشاط البركانى ، قد تتساءل : لماذا تتبع الصخور السائلة الحارة التى تأتى من تحت الأرض طريقاً طويلا إلى قمة أحد الجبال ، بدلا من أن تأخذ طريقاً أقصر كثيراً إلى السطح فوق أرض مستوية أو فى

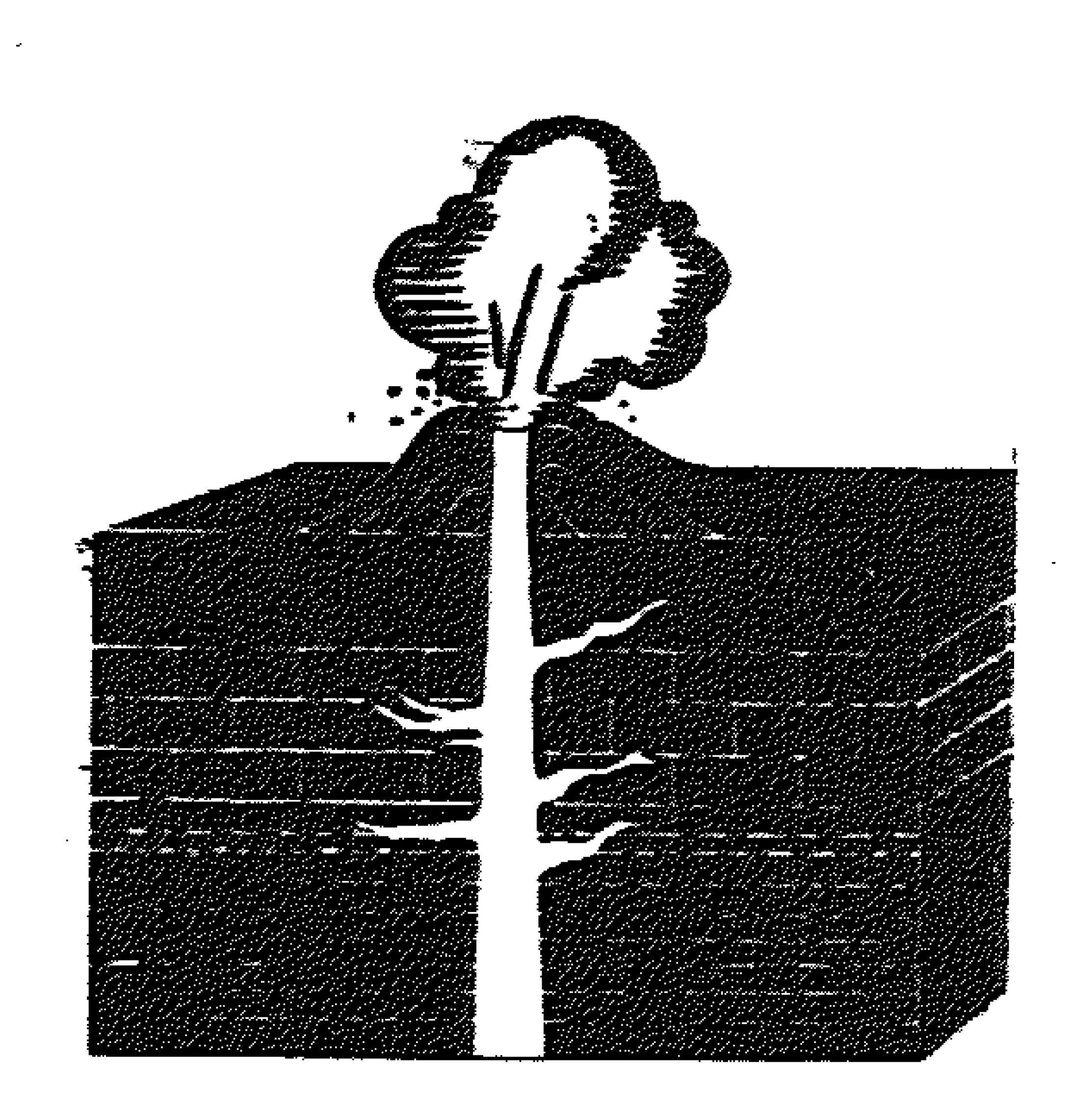
أحد الوديان ؟ ستساعدك الأشكال الموضحة فى هذه الصفحة على فهم ذلك . ستساعدك على أن ترى كيف أن البركان نفسه يبنى الجبل .

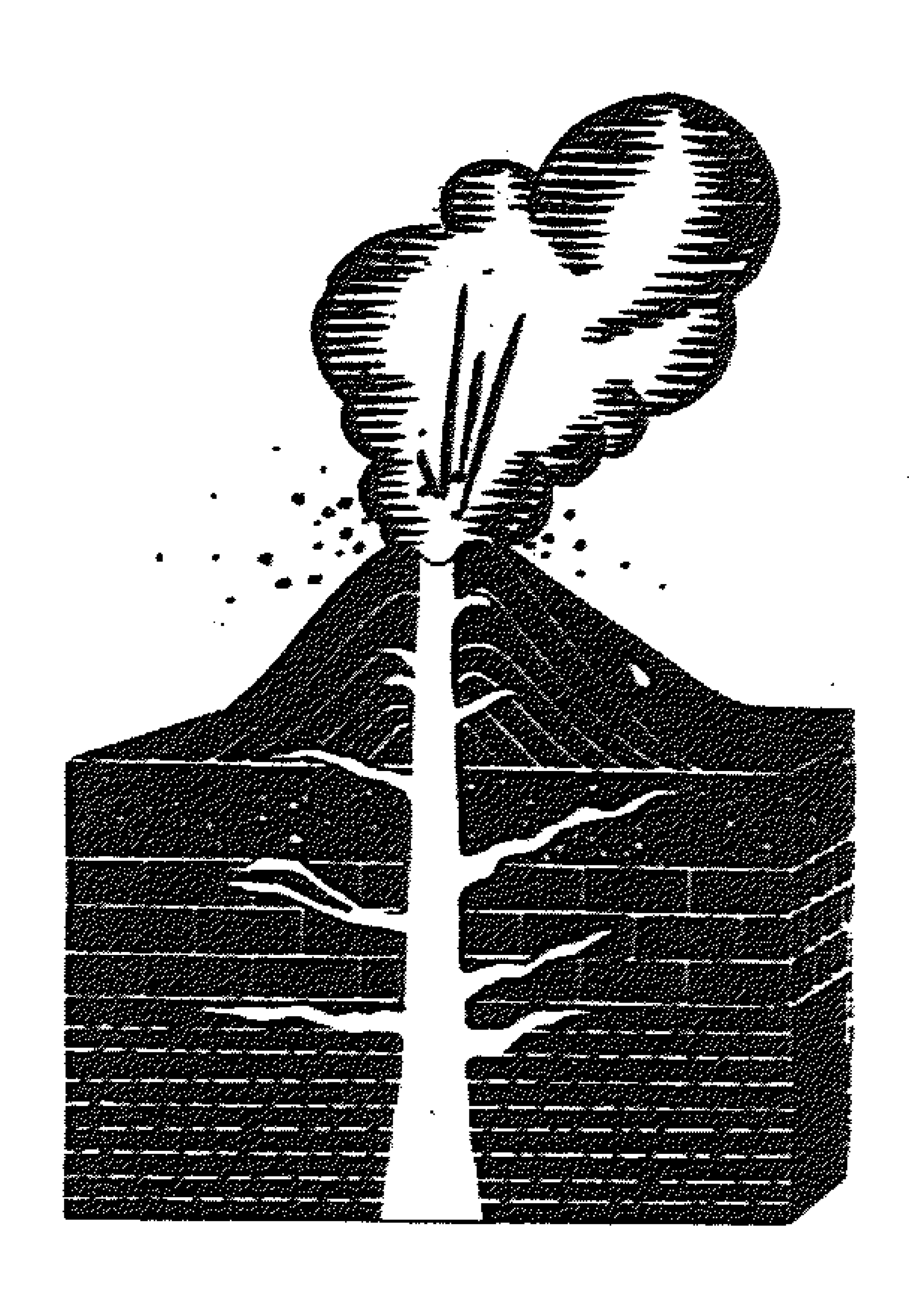
فى أول الأمر تصل الصخور السائلة الحارة إلى السطح ، ليس عند قمة جبل ، ولكن فى بعض السهول أو الأودية . وقد تندلع الحمم إلى الخارج ، وإذا حدث هذا فإنها تتدفق إلى مسافة قصيرة قبل أن تتصلب وتصير صخراً صلباً . وإذا قذفت الحمم عالياً فى الهواء فإن الرماد والحمم يسقطان منها قريباً من الفتحة التى تؤدى إلى جيب الصخور الحارة . وهكذا يبنى جبل بالتدريج حول الفتحة .

ينبغى أن تكون قد فهمت الآن كيف تكونت جزيرة بوجوسلوف ، ويمكنك أن تجعل مجموعة الأشكال فى هذه الصفحة تحكى قصة جزيرة بوجوسلوف لو أنك رسمت المحيط فى كل شكل منها : ففى الشكل الأول سيكون منسوب البحر أعلى كثيراً من قمة البركان . وسيكون فوقه بقليل فقط فى الشكل الثانى . وستكون قمة البركان فوق سطح الماء فى الشكل الثالث .

إن جزيرة بوجوسلوف – كما فهمت – هى قمة بركان تماماً كجزيرة كراكاتوا . وقد كان من الممكن للثوران الذى نسف كراكاتوا أن يجعلها أكبر وأعلى لو أن الغاز المحجوز فى الصهارة أمكن أن يفلت بسهولة ، ولكنه لم يتمكن من ذلك لبعض الأسباب ، وفى اقتحامه لطريقه بالقوة نسف نصف قمة البركان .

هناك جزائر أخرى كثيرة عبارة عن قمم براكين ، فجزائر هاواى مثلا جزائر بركانية . وعند قمة البركان نفسها يوجد انخفاض فى شكل طبق الفنجان يسمى الفوهة . وفى فوهات بعض البراكين توجد دائماً حمم حامية تغلى . ومن ناحية أخرى توجد بعض البراكين التى







لا تنفجر إلا نادراً . ويسمى البركان الذى ظل هادئاً لمـــدة طويلة ــ لدرجة أن أحداً لا يتوقع ثورانه ثانية ــ بـ « البركان الميت » أو الخامد . ولكن البراكين الخامدة لا يمكن أن يعتمد على أنها ستبقى خامدة . وقد كان بعض الانفجارات التى تعتبر من أفظع ما حدث فى العالم انفجارات براكين كان يعتقد أنها خامدة .

وتوضح الخريطة التى بداخل الغلاف أماكن وجود معظم البراكين النشيطة فى الوقت الحاضر . لقد كان هناك نشاط بركانى فى كثير من العصور المختلفة لتاريخ الأرض أكثر كثيراً عما هو موجود الآن . وفى بعض تلك العصور لم تكن الحمم تندلع فقط من قمم البراكين ، ولكن من شقوق عظيمة أيضاً بلغت أطوالها كيلومترات عديدة . وقد رفعت أجزاء من أوريجون وايداهو عالياً فوق منسوب البحر بسبب مثل هذه الفيضانات من الحمم .

الزلازل

يكاد يكون مؤكداً أن الثورانات البركانية الشديدة تسبب الزلازل . ومن السهل فهم السر فى ذلك ، فالانفجارات تسبب اهتزاز الصخور المجاورة . وزيادة على ذلك ، فعندما تندفع كميات ضخمة من الغازات والصخور السائلة الحارة من الأعماق إلى السطح ، فمن المؤكد أن تحدث حركات فى الصخور المحيطة . وعلى الأقل فلابد أن بعض الصخور تستقر فى الحيز الذى كانت تحتله الصخور السائلة قبل الثوران .

وقد تكون الزلازل التى تبدأ فى منطقة أحد البراكين الهادئة إشارة إلى أن البركان على شفا الثوران . وعلى سبيل المثال ، فقد حدث فى خلال الساعات الثلاثين التى سبقت ثوران بركان الجزيرة اليابانية ساكوراجيما فى سنة ١٩١٤ ، أربعمائة وسبعة عشر زلزالاً فى الشواطئ المجاورة .

وبالرغم من أن الزلازل شائعة الارتباط مع الثورانات البركانية فإن هناك زلازل كثيرة ليس لها أية علاقة بالبراكين . وأى انزلاق سريع فى الصخور الصلبة للأرض يسبب حدوث زلزال . إن الحركات التى يسميها العلماء بالحركات الأرضية تحدث ببطء شديد ، حتى إنه من الصعب أن يدرك المرء أنها قائمة فعلا . ولكنها فى بعض الأحيان تكون سريعة ، وعندئذ يشعر الناس بالصدمات الزلزالية فى منطقة متسعة وأماكن بعيدة .

ويحدث الكثير من الحركات السريعة التى تسبب الزلازل على طول الشقوق العظيمة والتصدعات فى الصخور الصلبة للأرض . وتتعذر رؤية هذه الشقوق فى معظم الأحيان

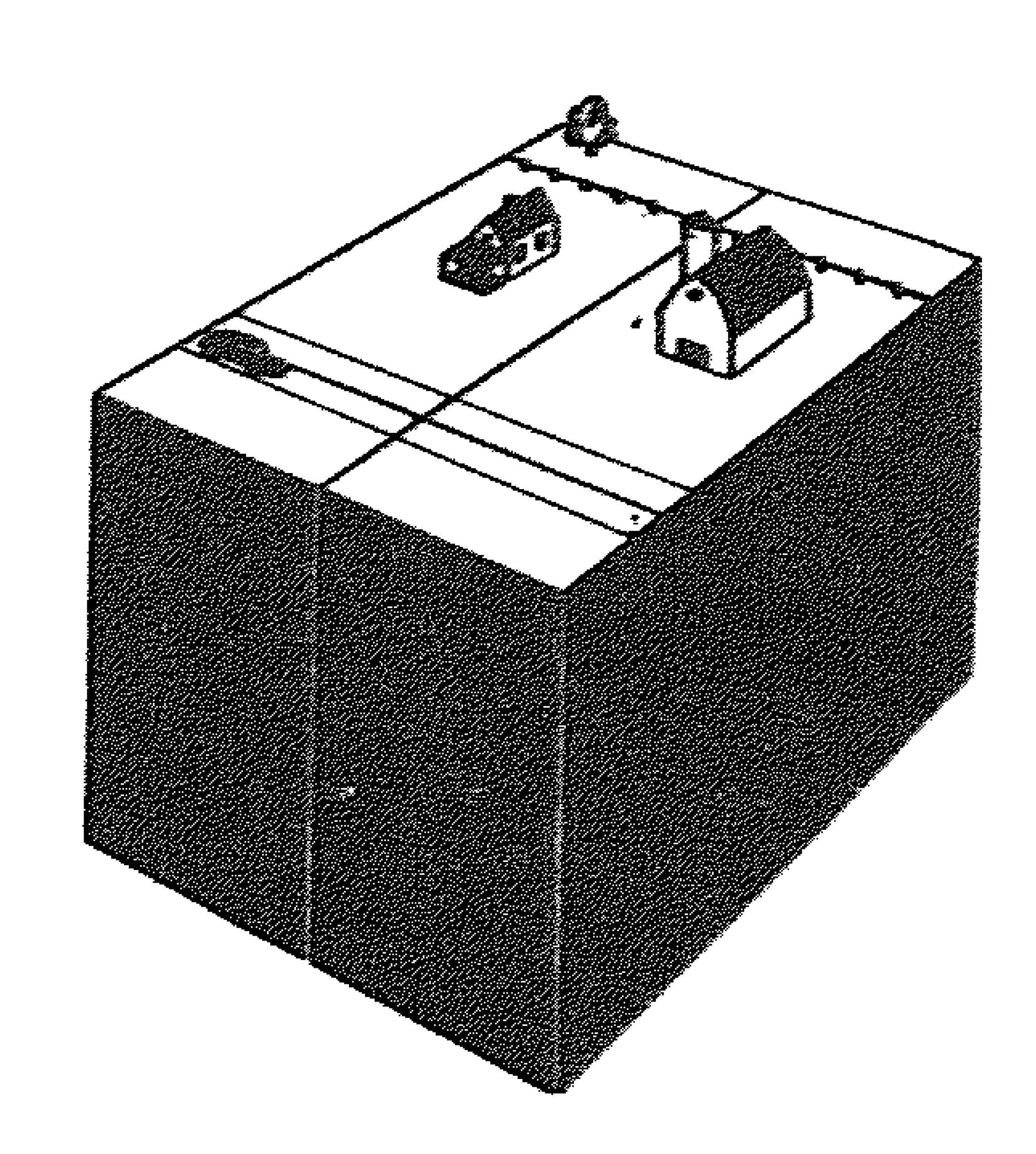
على السطح إذ أنها فى كثير من الأحوال تكون مختفية تحت التربة .

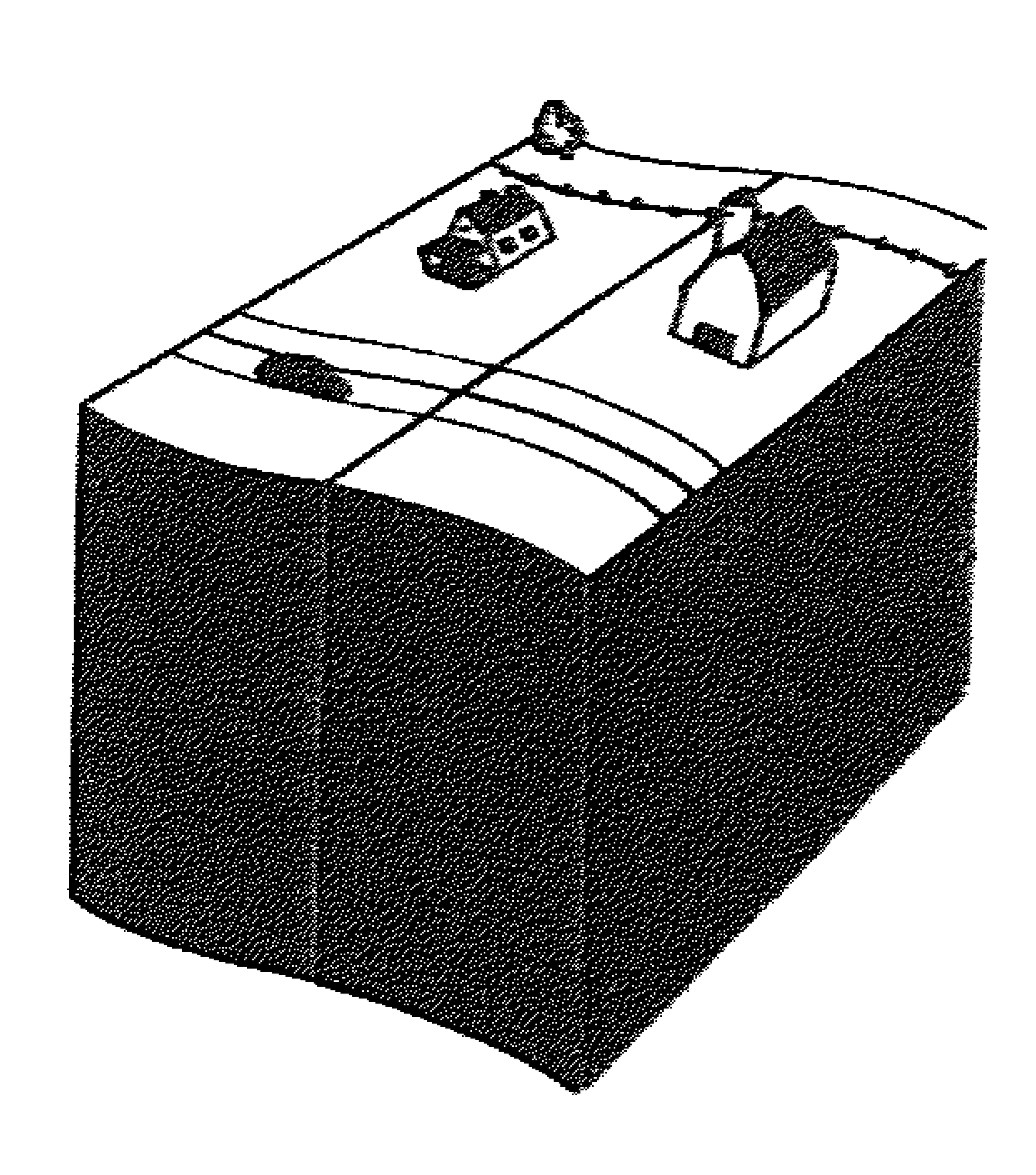
وتبين الأشكال الصغيرة فى هذه الصفحة إحدى الكيفيات التى تنزلق بها كتل الصخور على أحد الشقوق . فالشكل الأول يوضح شقاً يجرى بين منزل أحد المزارعين وصومعة غلاله . ويبين الشكل الثانى تأثير القوى الناشئة من الأعماق تحت الأرض فى كتل الصخور على جانبى الشق، ولكن لم يحدث هنا انزلاق فعلى . أما فى الشكل الثالث فقد حدث تغيير مفاجئ فى الموضع بين كتل الصخور على جانبى الشق . لاحظ أن صومعة الغلال قد تهدمت من الاهتزاز وأن الطريق والسور قد انقطعا . ويسمى مثل ذلك التغير فى مواضع كتل الصخور على جانبى أحد الشقوق صدعا .

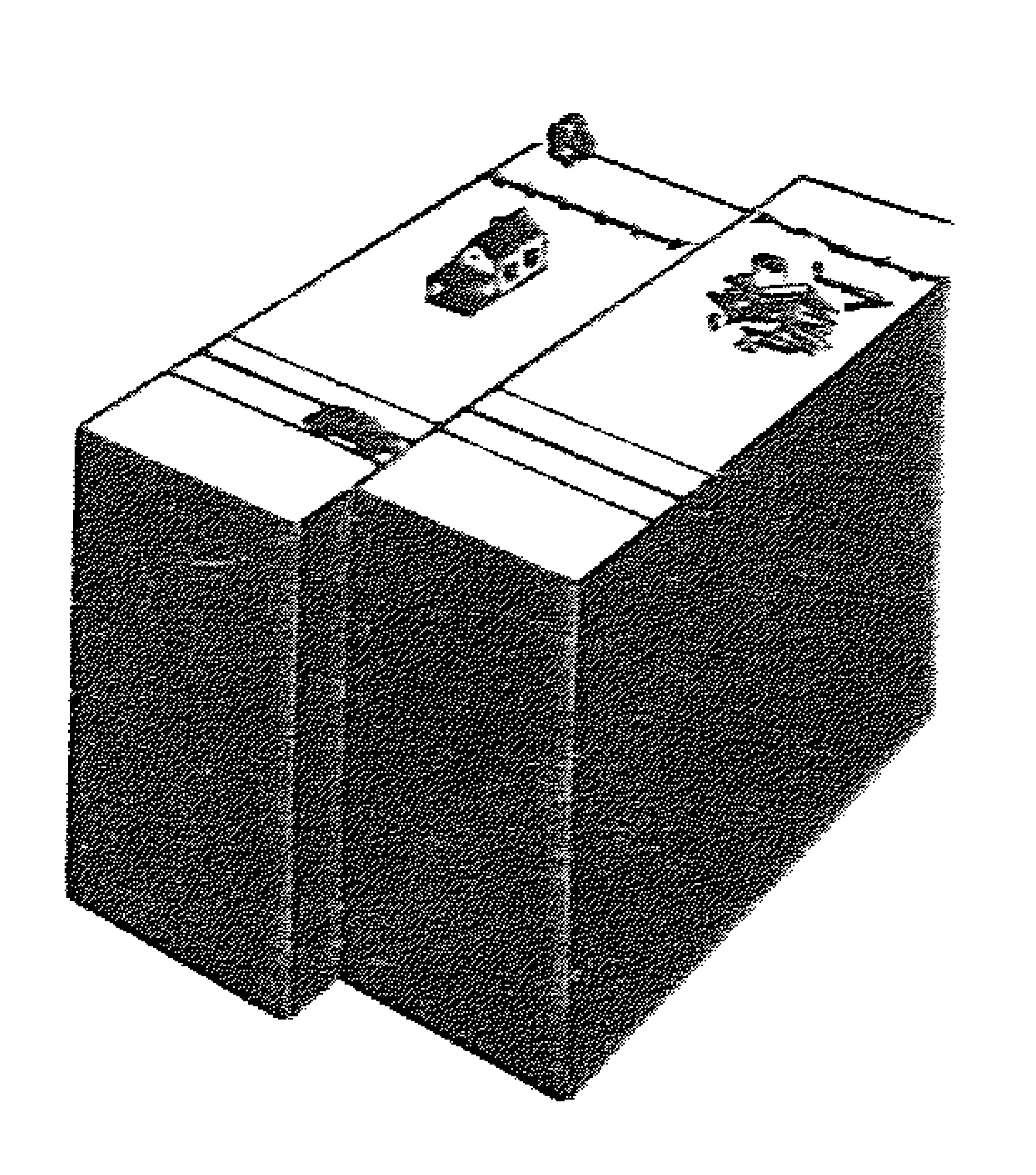
والانزلاق الذى ينجم عنه صدع لا يكون دائماً انزلاقاً جانبياً ، فقد يكون انزلاقاً رأسياً ؛ أى إلى أعلى أو إلى أسفل، حيث ترفع كتل الصخور على أحد جانبى الشق أو تخسف ، فى حين تتحرك كتل الصخور على الجانب الآخر فى الاتجاه المضاد أو تبقى فى وضعها السابق نفسه .

وتحدث الزلازل غالباً أضراراً جسيمة . وقد كان زلزال سان فرانسيسكو سنة ١٩٠٦ واحداً من أكثر زلازل الأزمنة الحديثة إحداثاً للكوارث . وقد تهدمت مبان كثيرة فى هذا الزلزال ، ونشأ أبلغ الضرر على أى حال من الحرائق التى تبعت الزلزال ؛ إذ حطم الزلزال مواسير المياه فلم تكن هناك مياه لمقاومة النيران . لقد وقع زلزال سان فرانسيسكو من جراء انزلاق كذلك الموضح بالأشكال الصغيرة فى هذه الصفحة .

توجد الآن فى كثير من الأماكن آلات لتسجيل







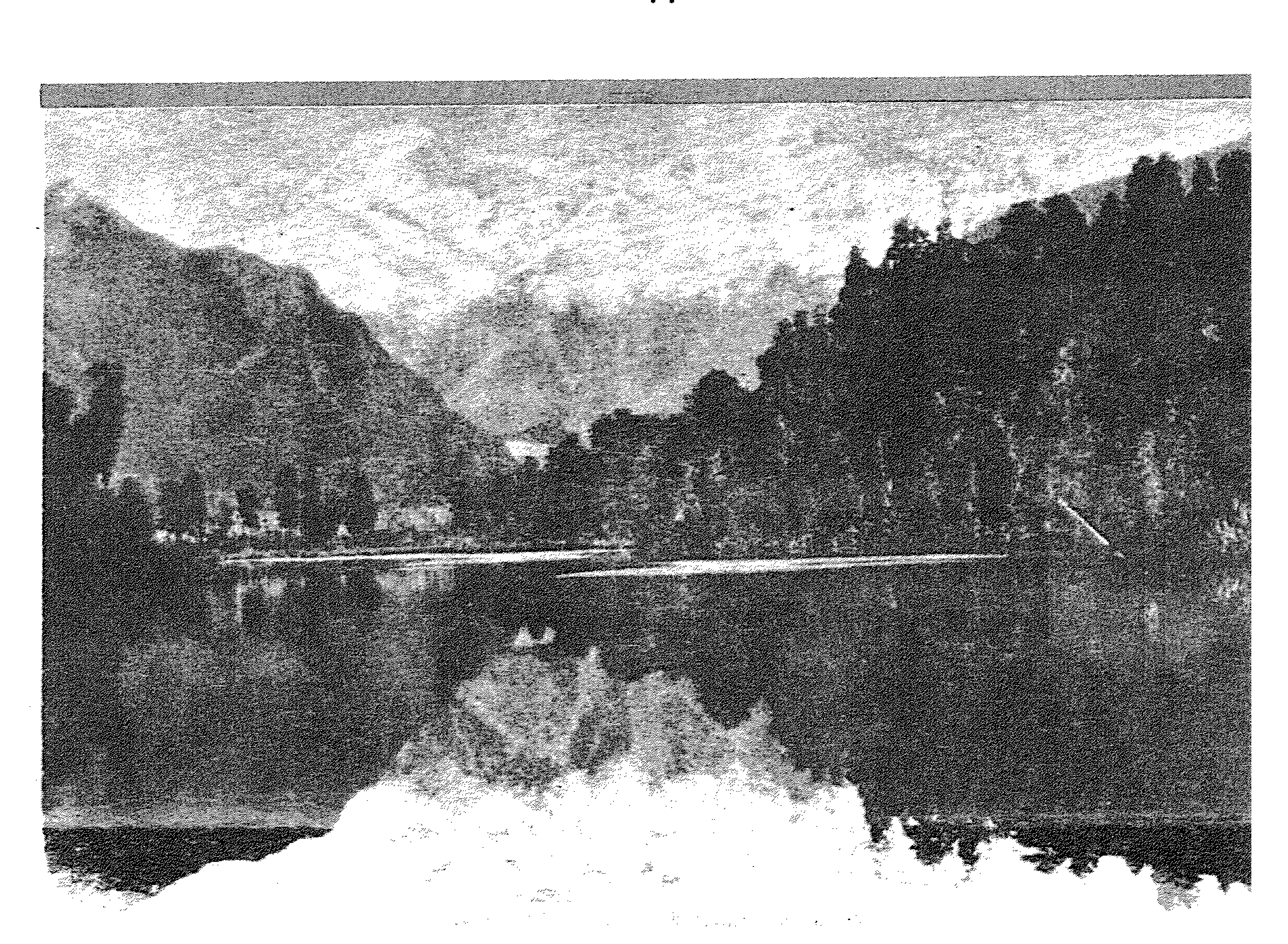
الزلازل . وتسمى هـــذه الآلات براصدات الزلازل، أو آلات السيزموجراف . ويمكن للعلماء من دراسة سجلات آلات السيزموجراف فى أماكن كثيرة مختلفة أن يعينوا مكان حدوث كل زلزال سجلته ومدى شدته .

ويشيع وجود الزلازل بكثرة جداً فى بعض الأماكن من الدنيا عنه فى أماكن أخرى . وكما توضح الخريطة التى بالغلاف الداخلى ، فإن مناطق الدنيا التى تشيع فيها الزلازل أكثر ما يمكن هى نفس المناطق تقريباً التى يغلب فيها حدوث الثورانات البركانية . وتكوّن هذه المناطق بعضها مع بعض ، المناطق الكبرى لبناء الجبال فى العالم .

بناء الجبال

فى يوم من الأيام، منذ خمسة وعشرين قرناً، كان الفيلسوف الإغريقى زينوفان يتأمل عينة من الصخر التقطها من فوق أحد الجبال . لقد أمكنه أن يرى بوضوح أن عينة الصخر تتكون أساساً من أصداف بحرية . أصداف بحرية فوق جبل ! كيف تأتى لها أن تكون هناك ؟

ولما وجد زينوفان أن معظم الصخور فوق الجبل تتكون من الأصداف ، قرر أن ليس



هناك إلا جواب واحد عن السؤال . لابد أن أعلى الجبل كان يوماً ما جزءاً من قاع البحر . لقد سخر منه الناس الذين أنهى إليهم بفكرته . وبالطبع فقد جادلوا بأن الجبل كان دائماً فى نفس المكان الذى كان فيه إذ ذاك . إنهم كانوا متأكدين أن الجبال لم تتغير مع مرّ العصور .

واكتشف العلماء بعد ذلك بمئات السنين أن زينوفان كان على حق دون أدنى شك. إن ذلك الجبل الذى وجد به صخوراً مكونة من الأصداف لم يكن هناك دائماً، كان أعلاه جزءاً من البحر فى يوم من الأيام، كما قال زينوفان تماماً .

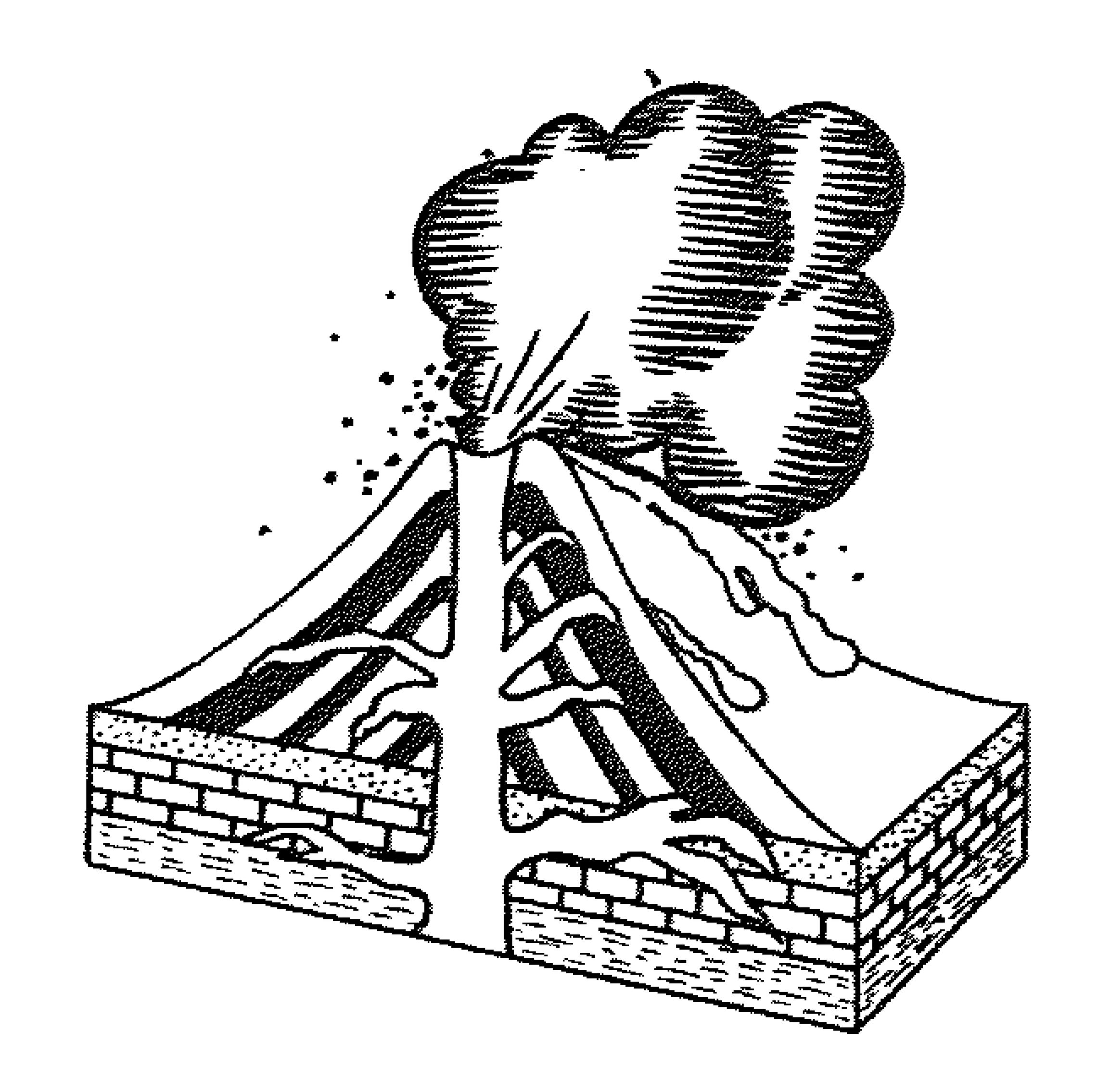
لقد وجد العلماء الآن من دراسة الصخور التى تتكون منها الجبال الحاضرة أنها جميعاً لم تكن موجودة عندما كونت الأرض لنفسها قشرة صلبة لأول مرة . واكتشفوا كذلك أن بعض الجبال الحاضرة تكونت بطريقة، وتكون غيرها بطريقة أخرى ، وأن بعض هذه الجبال أقدم كثيراً من بعضها الآخر .

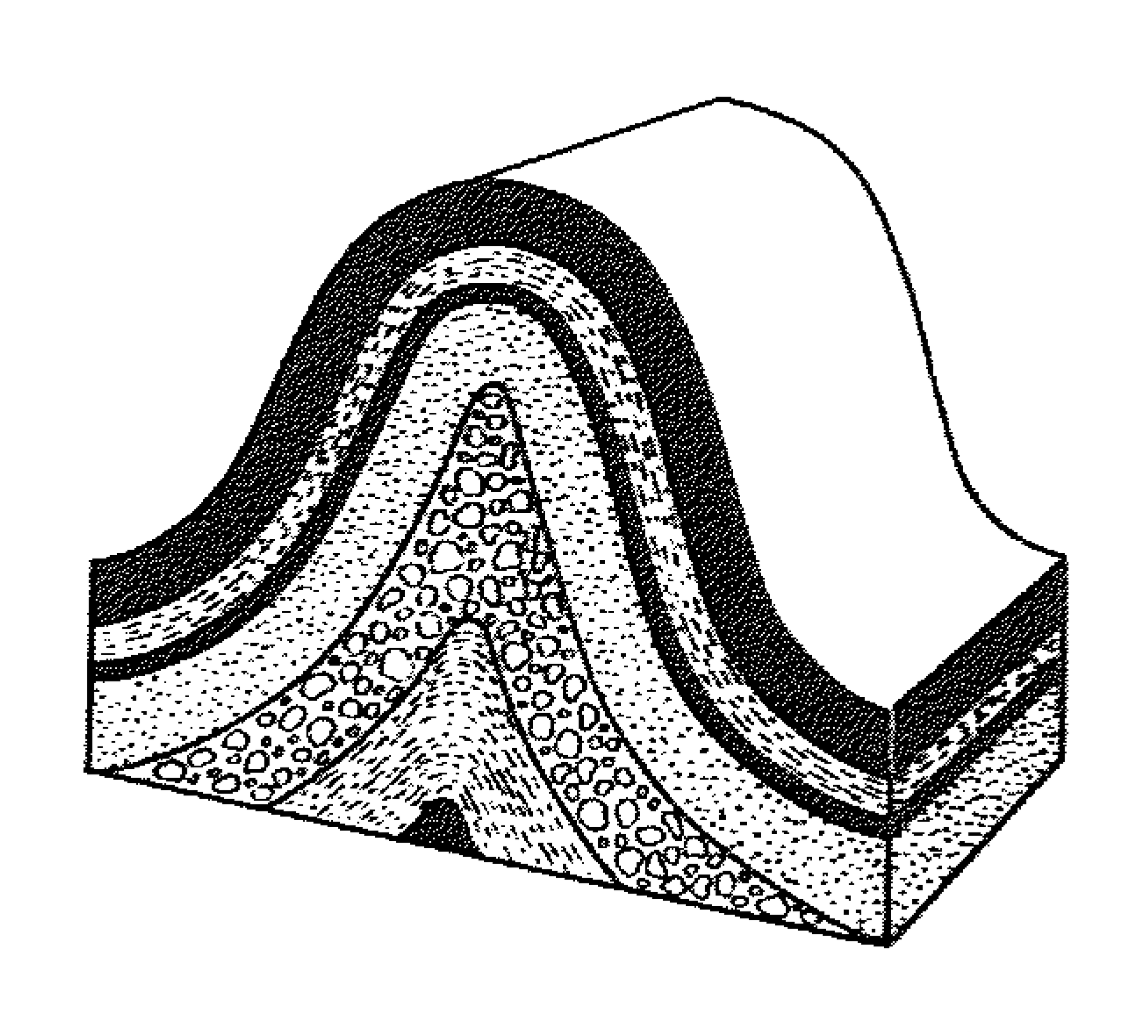
وتبين الأشكال فى هذه الصفحة أربعاً من الطرق التى تتكون بها الجبال . وهناك طرق أخرى أيضاً ، ولكن هذه الكيفيات الأربع هى من بين أهمها .

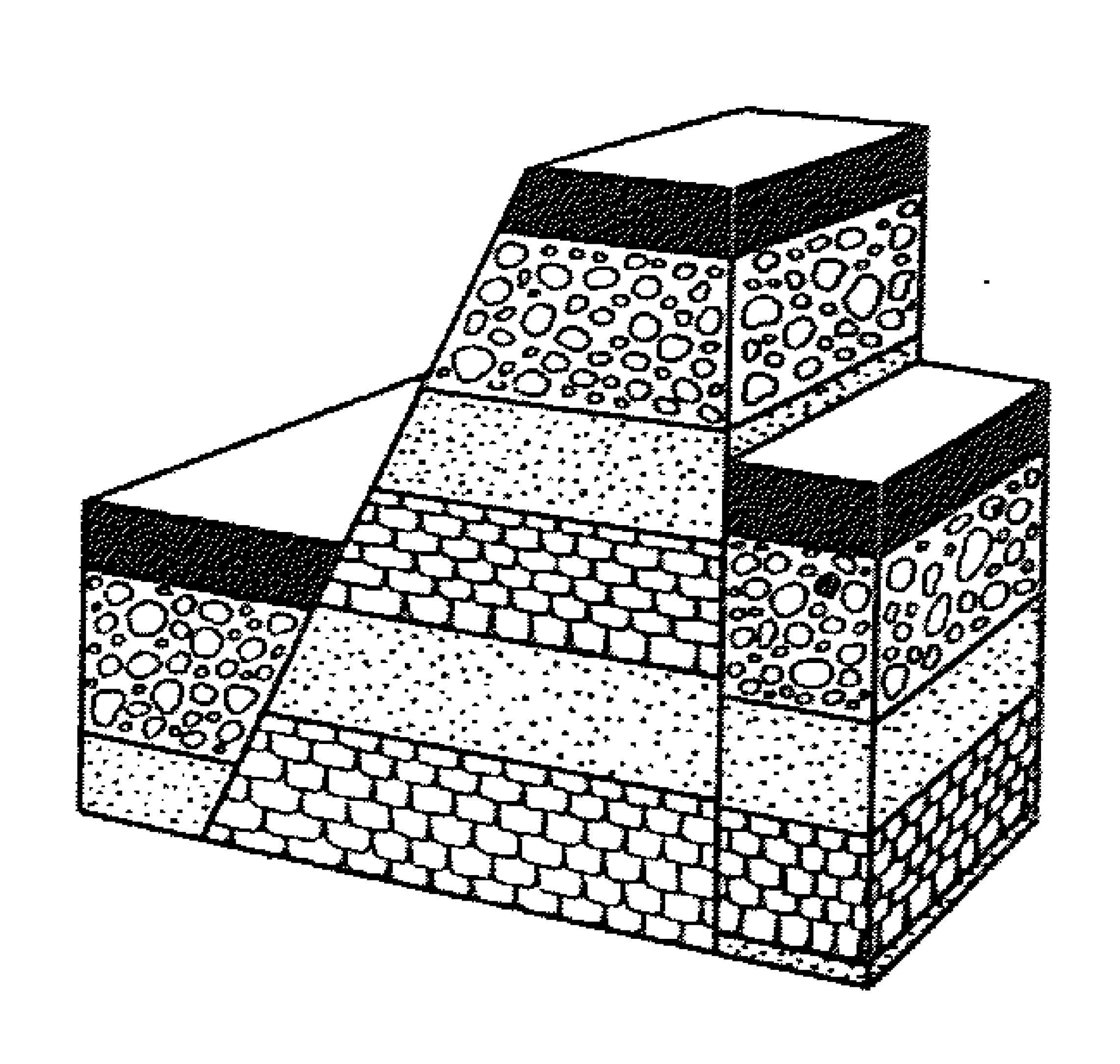
ويبين الشكل الأول جبلا بركانياً . وقد رأيت كيف يتكون مثل هذا الجبل . ويمكن تعرف الجبل البركانى ، كقاعدة ، من شكله المخروطى .

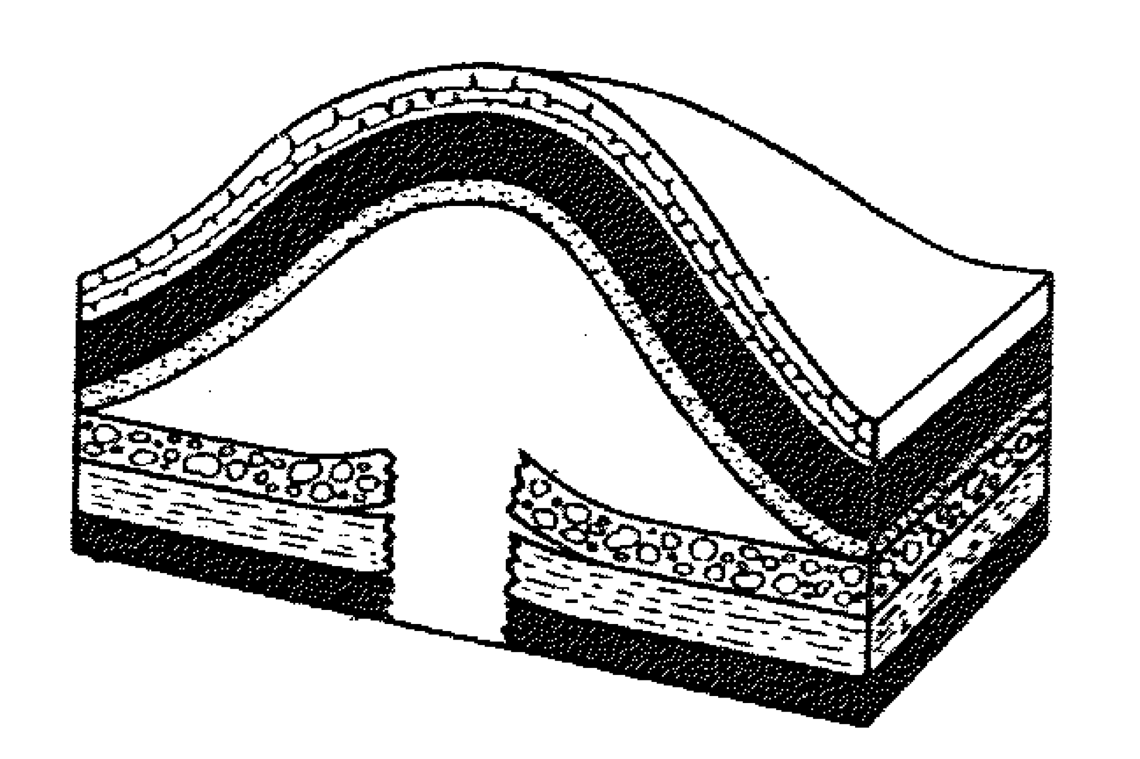
ويبين الشكل الثانى جبلا تكون بفعل الطى . وقد تكونت معظم الجبال الحديثة هكذا . وهناك تجعدات عظيمة من الصخور رفعت فى أماكن مختلفة من سطح الأرض ، ثم نحتتها بعد ذلك الرياح والجليد والمياه فصارت قمماً منفصلة . وجبال نيوزيلانده — الموضحة بالصورة فى صفحة (٣١) — جبال مطوية .

ويبين الشكل الثالث كيف يتكون جبل بالتصدع .









إنك تذكر أن الصدع تغير فى مواضع كتل الصخور على جانبى شق عظيم . وهناك صدعان فى الشكل . ويلاحظ أن القطاع الذى بين الشقين قد رفع إلى أعلى ، على حين تحركت كتل الصخور على الجانبين إلى أسفل .

ويبين الشكل الرابع أن الجبل يمكن أن يتكون من اندفاع الصخور السائلة الحارة ، أو الصهارة ، بين طبقات من الصخور بالقرب من السطح . وفى أول الأمر يكون للجبل الذى يتكون بهذه الطريقة مركز أو لب سائل ، ولكن مع مرور الوقت تتصلب الصهارة وتتحول إلى صخر صلب .

ولا ينبغى أن تتصور أن الجبال تتكون فى أسبوع ، أو فى سنة ، أو حتى فى قرن . وقد تبنى الجبال البركانية فقط بسرعة ، ولكن بناء معظم الجبال عمليات بطيئة . وكقاعدة فإن بناء سلسلة جبلية يأخذ عدة آلاف من السنين .

إن بعض جبال الولايات المتحدة مثلا أقدم كثيراً من بعضها الآخر . فجبال أبلاش على سبيل المثال أقدم من جبال روكيز بملايين السنين . وتعد جبال روكى حديثة نوعاً بين الجبال ، ولكنها قديمة بالنسبة لجبال الألب فى أوروبا . ولقد كانت الفترة التى رفعت فيها جبال الألب من أحدث فترات بناء الجبال الكبرى .

وبالرغم من أننا ، على قدر ما نعرف ، لسنا فى فترة كبرى من فترات بناء الجبال ، إلا أنه ربما تكون هناك بعض الجبال الجديدة فى سبيل التكوين . إننا نعرف أن سطح الأرض يرتفع فى بعض الأماكن ، ولكنه يرتفع ببطء شديد ، لدرجة أنه لا يمكن أن يلاحظه أحد . لقد سجل أحد العلماء حديثاً أنه يعتقد أن حيداً « نتوءاً » جبلياً جديداً يرتفع فى غرب الولايات المتحدة . ولكن ستمر عدة آلاف من السنين قبل أن يتأكد من ذلك أحد .

إن الحركات الأرضية هى التى تبنى جبال الطى وجبال التصدع . والحركات الأرضية هامة جداً ، بل بالغة الأهمية فى الحرب الدائرة بين البر والبحر . فلو لم تكن الحركات الأرضية لكسب البحر هذه الحرب منذ زمن طويل ؛ ولغطت محيطات عمقها لا يقل عن ١٨٠ مترا فى أصحل أماكنها سطح الأرض كله الآن .

ولو أن الرياح والمياه والجليد تمزق الأرض وتبليها هنا ، وهى تبنيها أيضاً هناك ، إلا أنها تهدم من الأرض أكثر مما تقيم . وإذا كانت المواد التى تنقل إلى البحر وتتراكم فوق قاعه لم تتراكم إلى السمك الكافى لبناء أرض جديدة ، فإنها على أى حال سترفع منسوب البحر وتساعد على تهدم الأرض . وحيث إن كثيراً من المادة يلقى ببساطة على قاع البحر ، فإن

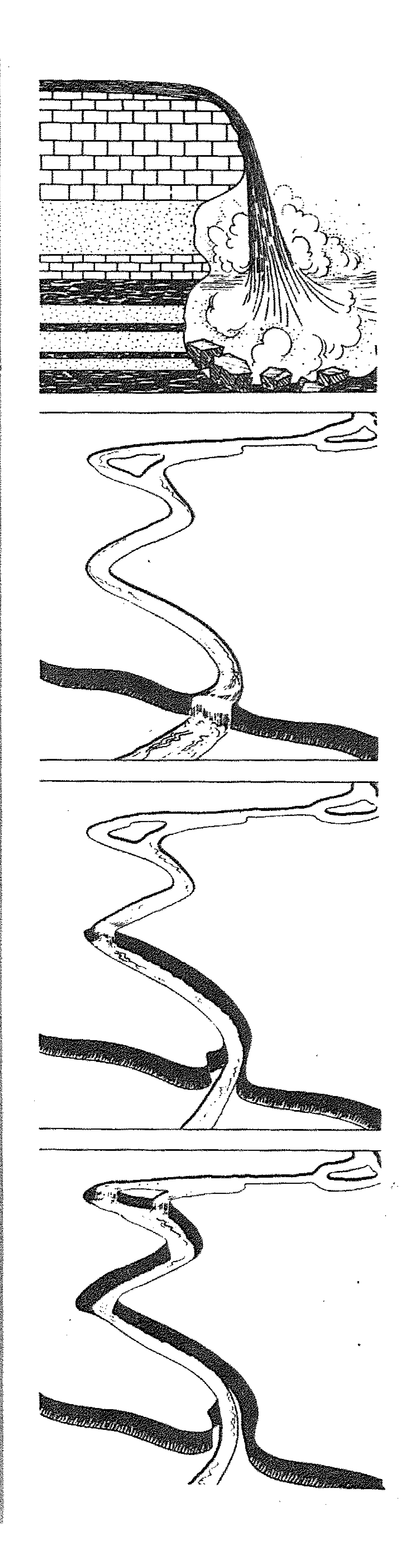
الريح والماء والجليد تعمل أخيراً فى صف البحر . ولا يعلم أحد فى أى جانب يساعد النشاط البركانى أكثر ، إذ أنه من ناحية واحدة لا يعرف أحد كم من الحمم يندلع تحت سطح البحر . ولكن الحركات الأرضية تعمل أخيراً فى جانب البر . ورغم أن الحركات الأرضية بعضها يكون إلى أسفل ، كما أن بعضها يكون إلى أعلى ، فإن الحركات التى إلى أعلى تفوق الحركات التى إلى أسفل . وكم من مناطق نحتت حتى منسوب البحر تقريباً ، ثم ما لبثت أن رفعت مرة أخرى عالياً فوق منسوب البحر . لقد أنقذت الحركات الأرضية القارات وساعدت على جعل الأرض مكاناً صالحاً للحياة .

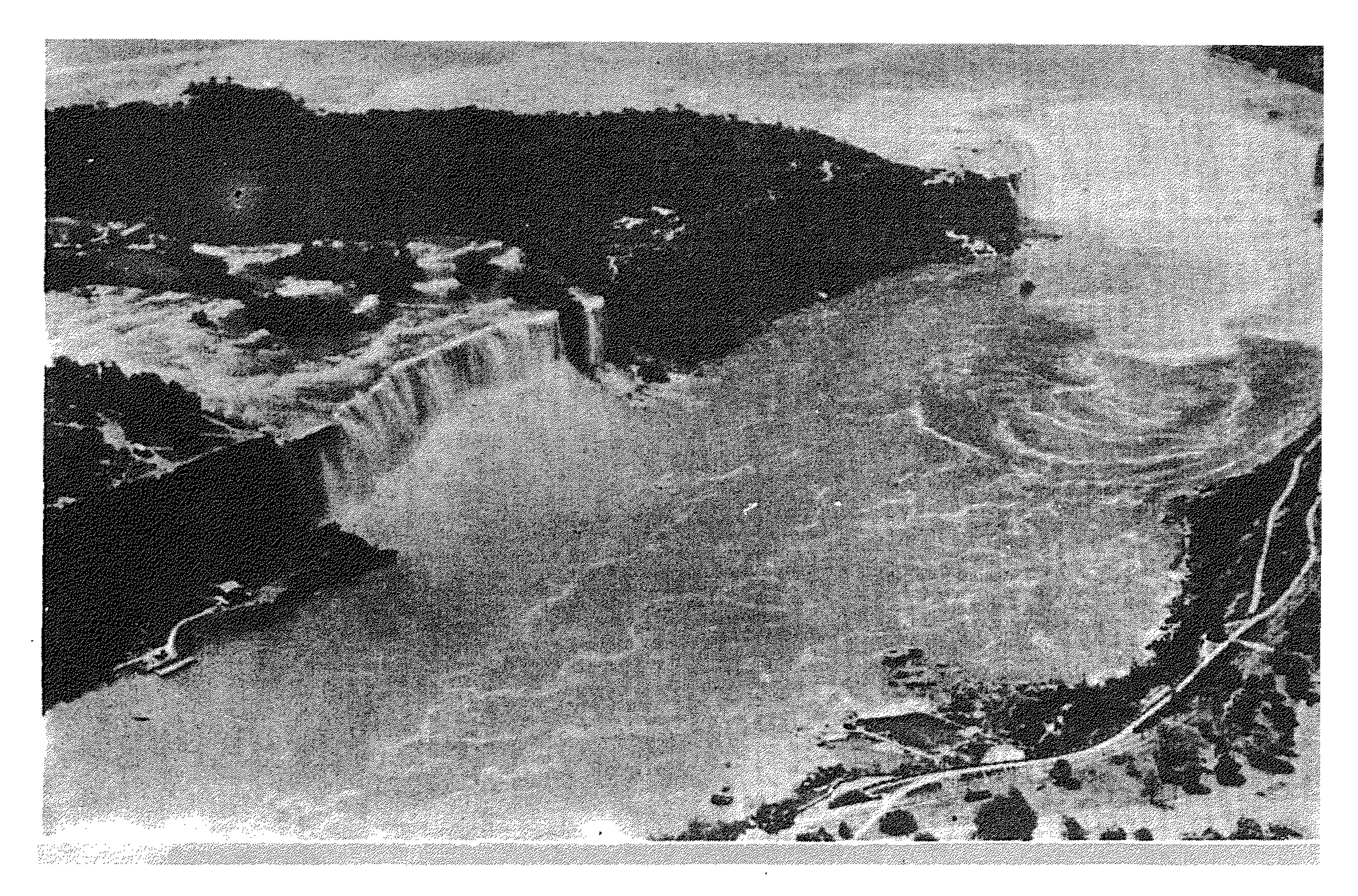
قصة مساقط نياجارا

ربما أمكنك أن تعرف المساقط المبينة فى الصورة بصفحة (٣٥) ، إنها مساقط نياجارا المشهورة — فى نهر نياجارا . وكما تبين الصورة فإن المساقط منقسمة إلى قسمين . وتفصل جزيرة جوت القسمين بعضهما عن بعض ، وهما المساقط الأمريكية ومساقط هورس شو .

وعمر مساقط نياجارا عدة آلاف من السنين ، ولكنها لم تكن تبدو دائماً كما هى الآن . فلم تكن فى أول الأمر مقسمة إلى قسمين ، كما أنها لم تكن دائماً حيث هى الآن . لقد تحركت ١٣ كيلومتراً من حيث كانت فى أول الأمر . وقصة مساقط نياجارا هى قصة عمل المياه الجارية .

فى خلال عصر الجليد العظيم ، كان معظم أمريكا الشمالية — كما عرفت — مغطى بغطاء شاسع من الجليد . وكانت الحافة الجنوبية أحياناً تدفع إلى الأمام ، وأحياناً أخرى تنصهر قافلة إلى الوراء . وقد كان الجليد ينصهر دائماً عند الحافة الجنوبية ، وكان معظم الماء الناتج عن





انصهار الجليد يتدفق إلى الجنوب منحدراً فيما هو الآن وادى المسيسيبى . ولكن الجليد انصهر أخيراً وتراجع حتى إن الحافة الجنوبية صارت إلى الشمال مما هو الآن منطقة البحيرات العظمى . لقد ساعد الجليد على نقب أحواض البحيرات العظمى عندما كان يتحرك إلى الأمام، فلما تراجعت المثلجة ملأت المياه الناتجة من انصهار الجليد تلك الأحواض . ومع مرور الوقت طفحت البحيرات ،ولكن المياه لم تتبع الممر القديم إلى الخليج . لقد وجدت ممراً أسهل فى ناحية الشرق إلى المحيط الأطلسى .

وكونت المياه المتدفقة من بحيرة إيرى نهر نياجارا . وكان فى طريق هذا النهر جرف شديد الانحدار تدفق النهر فوقه مكوناً مسقطاً للمياه .

كانت الطبقة الصخرية عند قمة الجرف الشديد الانحدار من الحجر الجيرى الصلد . وكان النهر ينساب فوق الحافة فيبلى هذا الصخر الصلب بدرجة ضئيلة جداً . أما تحت تلك الطبقة الصخرية الصلدة، فقد كانت هناك طبقات من صخر أقل صلادة كثيراً . ومع سقوط المياه كان بعضها يرتد إلى الوراء فيصطدم بالصخر اللين الذى يكون الجزء الأسفل من الجرف فيبليه . وقد أبلت المياه الساقطة الصخر اللين فارتد إلى الوراء أكثر وأكثر .

وأخيرً متدت الطبقة العليا فوقه فى هيئة الرف . وكان الحجر الجيرى فى هذه لطبقة ثقيلا جدًّا . ولما لم يكن تحته صخر ليقيمه ، فقد انكسر جزء من حافته وهوى محطماً فى بطن لنهر. وهكذا تحركت المساقط إلى الخلف مسافة بسيطة .

وستمر هذا النوع من النحت السفلى . وعندما نحتت المساقط طريقها إلى الخلف حتى وصلت إلى جزيرة جوت انقسمت ، لأن جزءً من مياه لنهر انساب حول جانب من الجزيرة ، ونساب لباقى حول الجانب الآخر .

وربما جعلت الأشكال لصغيرة فى صفحة (٣٤) قصة لمساقط أكثر وضوحاً . وبالطبع فإن لقصة لم تتم بعد . فمع مرور لوقت ستجاوز لمساقط جزيرة جوت ، وعندئذ سيكون هناك مسقط وحد وسع . ويعتقد لعلماء أن لمساقط ستختفى فيما بعد ذلك . إنها ستصير أقل وأقل رتفاعاً بسبب نحد ر طبقة لحجر لجيرى الصلد ، حتى تختفى تماماً فى آخر لأمر . ولكن ترجع لمساقط ١١ كيلومتر تقريبا قد ستغرق آلاف لسنين — ربما ٢٠,٠٠٠ وربما أكثر من ذلك . ستظل هناك مساقط نياجار موجودة على قدرما يمكن لأى أحد أن يتنبأ ، لآلاف كثيرة جدً من السنين .

لاحظ بنفسك

١ — هيئ ثوراناً بركانيًّا مصغرً ، بأن تحرق ثانى كرومات لأمونيوم فى فوهة نموذج لبركان من لطين .

٢ — حاول بعد مطر غزير أن تجد مكاناً تكون مياه لمطر قد بدأت فيه خورً صغيراً . وربما وجدت فى نفس لوقت دلتا مصغرة .


٣ — صنع نماذج من لطين لملون لتبين الفرق بين لطىّ ولتصدع .

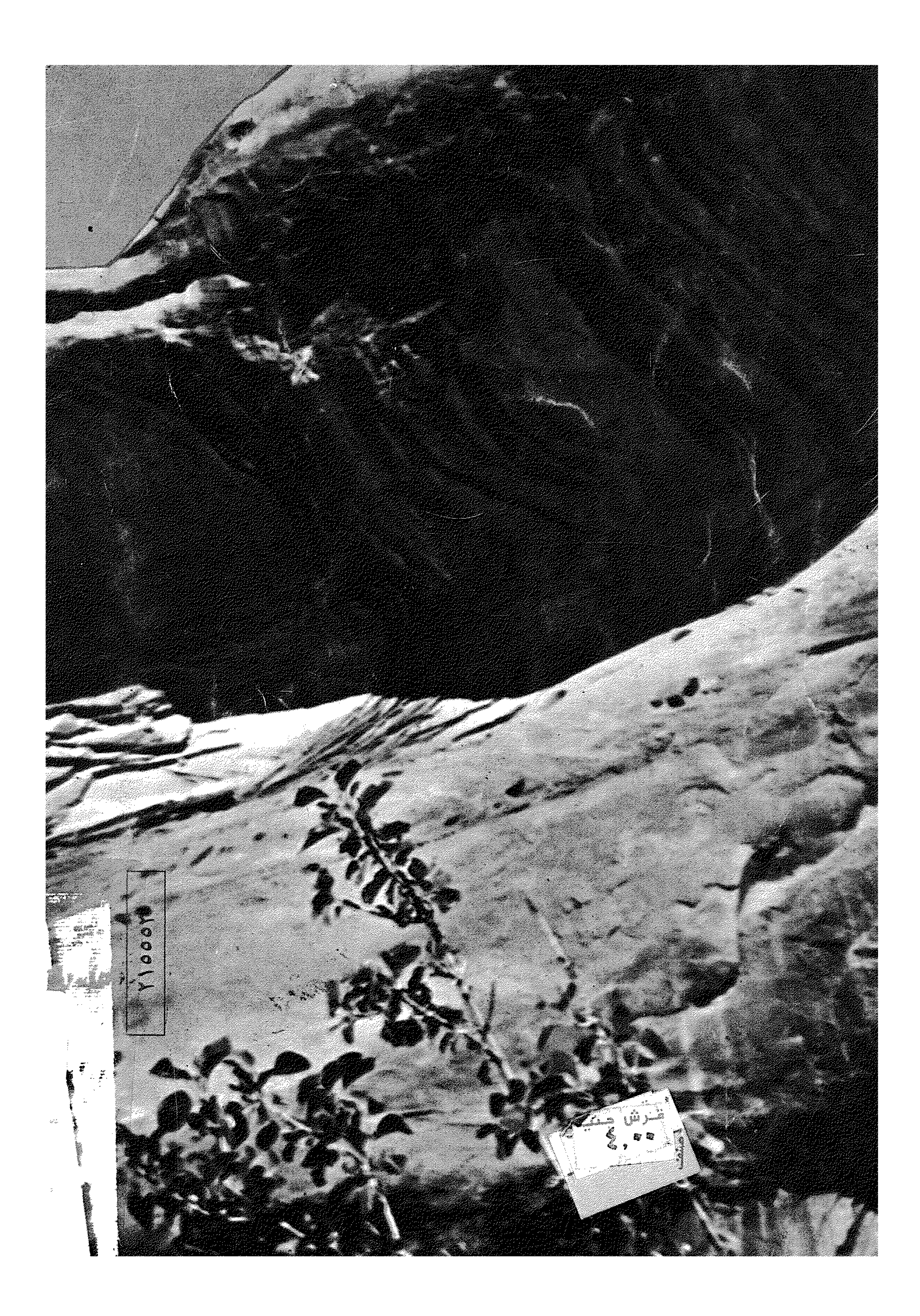
٤ — إذ كان لديك وعاء معدنى كبير ضحل ، فصمم طريقة تبين بها فيه كيف تتكون الدلتا .

٥ — إذا كان لديك وعاء به رمل ، فحاول بوساطة مروحة كهربية أن تبنى كثيباً رمليًّا مصغراً . جعل بناء الكثيب يبدأ بوضع عائق صغير فى لوعاء لوقف حركة لرمل .

رقم لإيدع	١٩٩٢ / ٨٦٦٣
لترقيم لدولى	977 - 02 - 3843 - 0 ISBN

١ / ٩٢ / ٢٤٦
طبع بمطابع د ر لمعارف (ج.م ع.)


المحيط المتجمد الشمالى
جرينلاند
أمريكا الشماليه
المحيط الأطلنطى
المحيط الهادى
أمريكا الجنوبية
مناطق الزلازل
مناطق البراكين النشيطة


قرش جنيه
٤,٠٠